



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

ESTG

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO GÁS RADÃO EM MORADIAS GRANÍTICAS NO CONCELHO
DE BARCELOS

Lúcia Maria Alves de Carvalho

2017



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO GÁS RADÃO EM MORADIAS GRANÍTICAS NO CONCELHO DE BARCELOS

Escola Superior de Tecnológica e Gestão



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Lúcia Maria Alves de Carvalho

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO GÁS RADÃO EM MORADIAS GRANÍTICAS NO CONCELHO DE BARCELOS

Mestrado de Engenharia Civil e do Ambiente
Construções Cívicas

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Eng. António Curado

E coorientação do

Professor Doutor Eng. Sérgio Lopes

Julho de 2017

MEMBROS DO JÚRI NOMEADOS

Presidente

Professor Doutor Pedro da Silva Delgado

Arguente

Professor Doutor José Ferreira da Silva

Orientador

Professor Doutor António Curado

“Deus quer, o Homem sonha a Obra nasce”

Fernando Pessoa

A si...

AGRADECIMENTOS

Muito antes da realização da presente Dissertação e mesmo durante a sua execução foram muitas as pessoas que permitiram que esta se concretizasse, às quais quero deixar o meu profundo agradecimento por todo o apoio e incentivo prestado.

O mais sincero agradecimento ao meu orientador Professor António Curado e ao meu coorientador Professor Sérgio Lopes pelo apoio, paciência, incentivo e dedicação prestado ao longo desta etapa, sem dúvida sem eles esta Dissertação não seria possível.

À Escola Superior de Tecnologia e Gestão -IPVC, pela disponibilização dos equipamentos utilizados que levaram a cabo à instrumentação presente na Dissertação.

Uma palavra de agradecimento ao senhor Guilherme Coelho, membro da empresa Geohabitat, pela sua disponibilidade em ajudar.

A todas as pessoas que possibilitaram a instrumentação das suas moradias e disponibilizaram-se prontamente a ajudar.

A todo o Departamento de Engenharia Civil pelo progresso na minha formação, tal como aos meus colegas e amigos de curso pelo apoio ao longo deste percurso, especialmente à Patrícia Soares, Dulce Gomes e Sara Rodrigues.

À Engenheira Anabela Fernandes, amiga e colega de trabalho por toda a persistência e motivação transparecida.

A todos os meus amigos que me acompanham no percurso pessoal, Cindy Pereira, Carlos Faria, Marisa Ferreira, Eduarda Silva, Inês Costa, David Sá e André Santos, por terem sido incansáveis ao longo desta etapa.

Aos meus pais por terem tornado a minha formação possível, pelo exemplo que são e amigos presentes, aos meus irmãos que são como “mais três pais” para mim, pelo apoio e por fazerem de mim uma pessoa melhor, às minhas cunhadas por todo o apoio e ajuda que me proporcionaram e aos meus sobrinhos por colorir todos os meus dias.

Um grande e sincero, obrigada.

RESUMO

O facto das pessoas passarem a maioria do seu tempo em espaços interiores como nas suas habitações, locais de trabalho e edifícios de serviço e comércio, tornou a avaliação da Qualidade do Ar Interior um fator deveras importante para a saúde pública, com particular destaque para a avaliação do gás radão em construções graníticas.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o gás radão é o segundo agente causador de cancro do pulmão, logo após ao fumo de tabaco. Este gás está associado, em grande parte, ao uso da rocha granítica na construção de edifícios, ficando armazenado no seu interior em cenários de ventilação deficiente.

Sendo o concelho de Barcelos rico em solos tipicamente graníticos, a presente Dissertação apresenta uma medição da concentração do gás radão em dez moradias unifamiliares de duas freguesias do referido concelho, recorrendo ao uso de detetores passivos. A par desta medição foram registadas as condições higrotérmicas do ar interior (temperatura e humidade relativa. Cada amostra foi previamente caracterizada construtivamente, sendo efetuada uma instrumentação a dois compartimentos de cada moradia, selecionados em função da sua ocupação, geralmente, um quarto e uma sala de estar ou cozinha.

A par do levantamento construtivo foram efetuados levantamentos dimensionais, permitindo desta forma traçar peças desenhadas das moradias a instrumentar, e ainda foram registados os períodos de ventilação dos espaços a instrumentar, mediante o preenchimento de inquéritos por parte dos moradores.

Os resultados encontram-se representados de forma gráfica, recorrendo para o efeito a diagramas de caixas e a gráficos de visualização instantânea, permitindo assim interpretar a variação dos parâmetros ao longo da medição. Com os resultados obtidos além de se relacionar a concentração do gás radão com a ventilação, a temperatura, a humidade relativa e os materiais de construção, propõe-se medidas gerais de mitigação da concentração do gás radão. (ICCER 2017 - 4.^a edição da Conferência Internacional em Investigação em Energia e Ambiente, 17- 20 de julho)

Palavras Chave: concentração de radão, temperatura, humidade relativa, granito, Barcelos

ABSTRACT

People spend most of their time in indoor spaces, like their homes, workplaces, or even in service and trade buildings, and this routine makes the evaluation of Indoor Air Quality a very important factor for public health, with particular attention to the evaluation of radon gas in granite buildings.

According to the World Health Organization (WHO), the radon gas is the second cause of lung cancer, just behind the tobacco smoke. This gas is associated, mostly, to the use of granitic rock in the construction of buildings, as the gas gets stored inside the buildings.

Being the municipality of Barcelos rich in typically granite soils, this Dissertation presents a measurement of the concentration of radon gas in ten single-family residences of two parishes of the municipality, using passive detectors. In addition to this measurement, the hygrothermal conditions have been recorded (temperature and relative humidity). Each sample was previously characterized constructively, being carried out a instrumentation of two compartments, selected according to the time of wider use by the tenant, usually like a bedroom and a living room, or a kitchen.

Also, dimensional surveys were performed, therefore allowing to trace drawn parts of the residences for instrumentation, and additionally were recorded the approximated periods of ventilation of the spaces for instrumentation, through surveys filled by the residents.

The results are represented graphically, and charts of boxes, using box diagrams and graphs of instant preview, thus allowing the interpretation of the variation of the parameters along the measuring. With the results obtained, besides relating the concentration of radon gas with ventilation, temperature, relative humidity and building materials, it aims to create general measures to mitigate the radon gas concentration. (2017 ICCER - The 4th International Conference on Energy and Environment Research, 17-20 July)

Keywords: radon concentration, temperature, relative humidity, granite, Barcelos

LISTA DE SIGLAS

QAI	- Qualidade do Ar Interior
OMS	- Organização Mundial de Saúde
LNEG	- Laboratório Nacional de Energia e Geologia
ITN	- Instituto Tecnológico Nuclear de Portugal
Bq	- Bequerel
Pci	- Picocurie
EURATAM	- Comunidade Europeia de Energia Atómica
EEA	- Agência Europeia do Ambiente
°C	- Graus Celsius

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Carta Geológica de Portugal, Carlos Ribeiro e Joaquim Delgado (1876).	4
Figura 2 – Carta Geológica de Portugal, LNEG (2010)	5
Figura 3 -Concentrações Médias em Portugal Continental, segundo o ITN.....	5
Figura 4 - Concentração de Radão interior na Europa, EEA, dezembro de 2011.....	8
Figura 5 – Síntese de valores Limiar de Proteção	10
Figura 6 - Meios de infiltração de gás radão nos edifícios	11
Figura 7 - Despressurização do solo ativa, WHO 2009	13
Figura 8 -Despressurização passiva do solo, WHO 2009	13
Figura 9 - Habitações instrumentadas na freguesia de Palme, Google	20
Figura 10 - Habitações instrumentadas na freguesia de Fragoso, Google.....	21
Figura 11 – Carta geológica de Barcelos	21
Figura 12 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha 5C, Palme.....	22
Figura 13 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha 5C, Fragoso	22
Figura 14 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra A	26
Figura 15 - Plantas de apresentação do rés-do-chão e piso elevado, Amostra A (sem escala).....	26
Figura 16 - Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra B	28
Figura 17 - Planta de apresentação do Piso 1, Amostra B (sem escala).....	28
Figura 18 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra C	29
Figura 19- Planta de apresentação do Piso 1, Amostra C (sem escala)	30
Figura 20 – Moradia Unifamiliar em Fragoso, Amostra D.....	31
Figura 21 – Planta de Apresentação de Piso, Amostra D (sem escala)	31
Figura 22 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra E	33
Figura 23 - Plantas de Piso e Cave, Amostra E (sem escala).....	33
Figura 24 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra F	35
Figura 25 - Planta do Rés-do-Chão, Amostra F (Sem escala)	35
Figura 26 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra G.....	36
Figura 27 - Planta de Apresentação de Piso, Amostra G (sem escala).....	37
Figura 28 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostras H.....	38
Figura 29 - Planta de Apresentação de Piso, Amostra H (sem escala)	38
Figura 30 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra I.....	40
Figura 31 - Planta de Apresentação dos pisos, Amostra I (sem escala).....	40

Figura 32 – Moradia Unifamiliar em Fragoso, Amostra J	41
Figura 33 - Planta dos pisos instrumentados, Amostras J (sem escala).....	42
Figura 34 - Detetor Portátil Canary Pro Series	46
Figura 35 - Exemplo da colocação do detetor na fração Sala de Estar, Subamostra D1	46
Figura 36 - Exemplo da colocação de detetor na fração quarto, Subamostra B2	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Incerteza de medição, detetores Canary Pro Series.....	45
Tabela 2 - Resultados subamostra A1, Sala de Estar/Cozinha.....	51
Tabela 3- Resultados subamostra A2, Quarto	52
Tabela 4 - Resultados da subamostra B1, Sala de Estar.....	55
Tabela 5 - Resultados da subamostra B2, Quarto.....	57
Tabela 6 - Resultados da subamostra C1, Sala de Estar.....	59
Tabela 7 - Resultados da subamostra C2, Sala de Estar.....	61
Tabela 8 - Resultados da subamostra D1, Sala de estar com Cozinha.....	63
Tabela 9 - Resultados da subamostra D2, Quarto	65
Tabela 10 - Resultados da subamostra E1, Cozinha	67
Tabela 11 - Resultados da subamostra E2, Quarto	69
Tabela 12 - Resultados da subamostra F1, Sala.....	71
Tabela 13 - Resultados da subamostra F2, Quarto.....	72
Tabela 14 - Resultados da subamostra G1, Cozinha.....	74
Tabela 15 - Resultados da subamostra G2, Quarto	76
Tabela 16 - Resultados da subamostra H1, Cozinha.....	78
Tabela 17 - Resultados da subamostra H2, Quarto	79
Tabela 18 - Resultados da subamostra I1, Cozinha.....	81
Tabela 19 - Resultados da subamostra I2, Quarto	83
Tabela 20 - Resultados da subamostra J1, Cozinha.....	85
Tabela 21 - Resultados da subamostra J2, Quarto	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Visualização do granito nas fachadas envolventes dos compartimentos instrumentados	43
Gráfico 2- Resultados da subamostra A1, Sala de Estar/Cozinha.....	50
Gráfico 3 - Resultados subamostra A2, Quarto.....	52
Gráfico 4 - Resultado da subamostra B1, Sala de Estar	55
Gráfico 5 - Resultados da subamostra B2, Quarto	56
Gráfico 6 – Resultados da subamostra C1, Sala de Estar	59
Gráfico 7 - Resultados da subamostra C2, Quarto.....	61
Gráfico 8 - Resultados da subamostra D1, Sala de estar com Cozinha	63
Gráfico 9 - Resultados da subamostra D2, Quarto.....	64
Gráfico 10 - Resultados da subamostra E1, Cozinha	66
Gráfico 11 - Resultados da subamostra E2, Quarto.....	68
Gráfico 12 - Resultados da subamostra F1, Sala	70
Gráfico 13 - Resultados da subamostra F2, Quarto	72
Gráfico 14 - Resultados da subamostra G, Cozinha	74
Gráfico 15 - Resultados da subamostra G2, Quarto	75
Gráfico 16 - Resultados da subamostra H1, Cozinha	77
Gráfico 17 - Resultados da subamostra H2, Quarto.....	79
Gráfico 18 - Resultados da subamostra I1, Cozinha	81
Gráfico 19 - Resultados da subamostra I2, Quarto	82
Gráfico 20 - Resultados da subamostra J1, Cozinha	84
Gráfico 21 - Resultados da subamostra J2, Quarto	86
Gráfico 22 - Representação da Variação da Concentração do Gás Radão das subamostras.....	88
Gráfico 23 - Representação das Variações percentuais de Humidade Relativa das subamostras.....	89
Gráfico 24 - Representação das Variações de Temperatura das subamostras	90
Gráfico 25 - Factor de Correlação (Radão/Humidade Relativa e Radão/ Temperatura)	91
Gráfico 26 - Percentis de 20, 75 e 90	93
Gráfico 27 - Valores de Concentrações Médias.....	94
Gráfico 28 - Enquadramento das amostras com os limiares de proteção analisados	95

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO	iii
LISTA DE SIGLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
CAPÍTULO I. Introdução.....	1
1.1. Nota Introdutória.....	1
1.2. Objetivos	2
CAPÍTULO II. ESTADO DA ARTE.....	3
2.1. O Gás Radão na Qualidade do Ar Interior (QAI).....	3
2.2. Presença do Gás Radão em Portugal	4
2.3. Principal Referencial Regulamentar	6
2.3.1. Organização Mundial de Saúde (OMS).....	6
2.3.2. União Europeia	7
2.3.3. França	8
2.3.4. Inglaterra.....	9
2.3.5. Alemanha.....	9
2.3.6. Islândia.....	9
2.3.7. Estados Unidos da América	10
2.4. Propagação do Gás Radão nos Edifícios – Medidas de Mitigação	10
2.5. Alguns Estudos Aplicados.....	15
2.5.1. Impacto da ocupação Humana em concentrações de radão Interiores: Estudo baseado em medições in-situ para um conjunto de casas no Alto-Minho, Portugal.....	15
2.5.2. O gás radão no contexto da legislação sobre a Qualidade do Ar Interior em Edifícios – A experiência Portuguesa	16

2.5.3. O radão nos edifícios - Minimização da perigosidade	17
2.5.4. OMS – Manual do Radão em Ambientes Interiores	17
2.6. Síntese de Conclusões.....	19
CAPÍTULO III. ESTUDO EXPERIMENTAL	20
3.1. Enquadramento do Estudo	20
3.2. Geologia no Local	21
3.3. Descrição da amostra Instrumentada	23
3.3.1. Metodologia adotada	23
3.3.2. Amostra A	25
3.3.3. Amostra B	27
3.3.4. Amostra C	28
3.3.5. Amostra D	30
3.3.6. Amostra E	32
3.3.7. Amostra F	34
3.3.8. Amostra G	35
3.3.9. Amostra H	37
3.3.10. Amostra I	39
3.3.11. Amostra J	40
3.4. Soluções Construtivas versus Concentração de Radão	42
3.5. Metodologia dos Ensaios	43
3.6. Síntese de Conclusões.....	48
CAPÍTULO IV. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	49
4.1. Introdução.....	49
4.2. Resultados das amostras.....	49
4.2.1. Amostra A	49
4.2.2. Amostra B	54
4.2.3. Amostra C	58

4.2.4. Amostra D.....	62
4.2.5. Amostra E.....	66
4.2.6. Amostra F.....	70
4.2.7. Amostra G.....	73
4.2.8. Amostra H.....	77
4.2.9. Amostra I.....	80
4.2.10. Amostra J.....	84
4.3. Discussão Final	87
CAPÍTULO V. MEDIDAS DE REFORÇO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR ..	96
CAPÍTULO VI. CONCLUSÃO	98
CAPÍTULO VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS.....	A1
ANEXO1. Índice das amostras instrumentadas	A2
ANEXO2. Relação dos compartimentos com os materiais de construção existentes	A3
ANEXO3. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada A1	A4
ANEXO4. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada A2	A9
ANEXO5. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada B1	A14
ANEXO6. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada B2	A19
ANEXO7. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada C1	A24
ANEXO8. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada C2	A29
ANEXO9. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada D1	A34
ANEXO10. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada D2	A39
ANEXO11. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada E1	A42
ANEXO12. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada E2	A46
ANEXO13. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada F1	A51
ANEXO14. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada F2	A56
ANEXO15. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada G1	A61

ANEXO16.	Ficha de caracterização da subamostra instrumentada G2.....	A66
ANEXO17.	Ficha de caracterização da subamostra instrumentada H1.....	A71
ANEXO18.	Ficha de caracterização da subamostra instrumentada H2.....	A76
ANEXO19.	Ficha de caracterização da subamostra instrumentada I1	A81
ANEXO20.	Ficha de caracterização da subamostra instrumentada I2	A87
ANEXO21.	Ficha de caracterização da subamostra instrumentada J1	A92
ANEXO22.	Ficha de caracterização da subamostra instrumentada J2	A98

CAPÍTULO I. Introdução

1.1. Nota Introdutória

A presente Dissertação pretende avaliar a concentração de gás radão no ar interior de um conjunto de amostras compostas por dez habitações unifamiliares localizadas no concelho de Barcelos, distrito de Braga, região Norte de Portugal. A par da avaliação da concentração de radão foram monitorizadas as condições higrotérmicas das habitações, com a medição da humidade relativa e a temperatura interior. Na sequência das medições efetuadas, procurou-se relacionar entre si parâmetros monitorizados, interpretando-se os valores obtidos tendo como base as soluções construtivas das habitações instrumentadas e respetivas condições de ventilação.

Segundo a OMS (WHO, Handbook on Indoor Radon, 2009), o gás radão é o segundo causador de cancro do pulmão, sendo o primeiro o fumo do tabaco.

O gás radão é um gás incolor, sem cheiro ou sabor, que resulta da desintegração radiativa do rádio que por sua vez faz parte da família do urânio. Este último trata-se de um gás natural que se encontra em inúmeros materiais de construção, ainda que em concentrações variáveis, encontra-se especialmente nas rochas graníticas. (Carvalho, 2006)

A predominância da construção granítica no Norte de Portugal, particularmente em moradias unifamiliares, determina a necessidade de avaliar a concentração de gás radão num conjunto de amostras selecionada para o efeito de habitações representativas da construção típica da Região de Barcelos, relacionando a sua presença com as características construtivas existentes e respetivas condições de ventilação.

A legislação aplicável em Portugal regista o valor limiar de proteção de 400 Bq/m³, para edifícios existentes, sendo a sua avaliação obrigatória em edifícios graníticos de comércio e serviços, com especial relevância para os distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

1.2. Objetivos

O principal objetivo da presente dissertação é avaliar a concentração do gás radão num conjunto de amostras de dez moradias unifamiliares, através da instrumentação de dois compartimentos distintos de cada uma delas e relacionando a concentração do gás radão com a humidade relativa e temperatura no interior dos compartimentos.

Do ar interior dos compartimentos são propostas medidas de mitigação relacionando os resultados experimentais obtidos com as soluções construtivas e condições de ventilação.

Para a correta interpretação dos resultados foram desenvolvidas as seguintes tarefas:

1. Enquadramento das amostras face às características geológicas do solo de fundação;
2. Levantamento das soluções construtivas das habitações, desde a caixilharia até às alvenarias interiores e exteriores;
3. Instrumentação de cada amostra composta por dois compartimentos da moradia unifamiliar em períodos de aproximadamente 5 dias cada;
4. Registo de ventilação das habitações;
5. Caracterização experimental do conjunto de amostras;
6. Análise e discussão dos resultados obtidos;
7. Enquadramento dos resultados com as legislações aplicáveis em Portugal, Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos da América e proposta pela União Europeia;
8. Medidas de mitigação a implementar.

CAPÍTULO II. ESTADO DA ARTE

2.1. O Gás Radão na Qualidade do Ar Interior (QAI)

O estudo da concentração do gás radão no ar interior integra-se no domínio mais alargado da qualidade do ar interior (QAI). De acordo com o autor (Neto, 2015):

“Atualmente a Qualidade do Ar é uma matéria de investigação primordial, procurando-se estabelecer uma sintonia entre o conforto das pessoas, a eficiência energética, e o cumprimento da legislação em vigor com vista à proteção da saúde humana.”

O gás radão faz parte da radiação natural ionizante e a sua medida é expressa em becquerel (Bq), representando um becquerel uma desintegração nuclear por segundo. De acordo com (Carvalho, 2006):

“O radão é um gás nobre, radiativo, sem cheiro, cor ou sabor. Não pode ser detetado pelos sentidos e a sua deteção e medição requer equipamento especializado. O radão ocorre naturalmente no ambiente pois é um produto de desintegração radiativa do rádio (^{226}Ra), um elemento da família radiativa do urânio (^{238}U). Este, por seu turno, é um elemento radiativo de origem natural e presente, ainda que em concentrações variáveis, nas rochas, solos, betão, tijolos e outros materiais. O urânio é, pois, um elemento que se encontra em todo o lado na superfície terrestre, especialmente em rochas graníticas e solos vulcânicos, dando origem ao radão, que, sendo um gás, difunde-se nos materiais sólidos e líquidos e é exalado para a atmosfera.”

O período de vida do radão é de cerca de 3,825 dias, sendo o tempo suficiente de migrar das rochas para a atmosfera. É necessário reconhecer que deste gás descendem o Polónio ($^{218,214,210,210}\text{Po}$), o Chumbo ($^{214,210}\text{Pb}$) e o Bismuto ($^{214,210}\text{Bi}$), até se transformarem em Chumbo (^{206}Pb) cuja estrutura atómica é estável. (Ferreira M. J., 2006)

A exposição ao gás radão provoca quebras nas cadeias do ADN do núcleo celular, os danos causados a este nível podem ser observados pela perda das funções orgânicas, através de mutações ou até mesmo morte celular. Alguns cientistas defendem que as consequências dessa exposição são variáveis e

dependem da dose de radiação recebida. Podendo em situações limite, registar alterações sanguíneas. (Soares, 2011)

Segundo a OMS a exposição prolongada ao gás radiativo radão, que se acumula no interior das habitações é um dos grandes fatores para o surgimento de cancro do pulmão. Sendo a incidência da mortalidade em Portugal desconhecida, estima-se que 20 000 mortes por ano nos Estados Unidos seja devido à inalação de gás radão. (Ferreira M. J., 2006)

2.2. Presença do Gás Radão em Portugal

A análise Carta Geológica Nacional permite constatar a presença de rochas graníticas que formam grande parte do território nacional, por consequência, a presença de gás radão. De acordo com o autor (Teixeira C. , 1976):

“Sobretudo os granitos hercínicos, estão amplamente espalhados por quase todas as províncias, desde o Minho ao Alentejo. São, todavia, mais abundantes no Norte e Centro.”

Em 1876 foi apresentada a primeira Carta Geológica de Portugal, à escala 1: 500 000, patente na Exposição Internacional de Filadélfia, desenvolvida pelos investigadores Carlos Ribeiro e Joaquim Delgado, cf. Figura 1. Nesta figura pode-se observar a cor de rosa mais escuro os solos tipicamente graníticos (LNEG, 1999).



Figura 1 – Carta Geológica de Portugal, Carlos Ribeiro e Joaquim Delgado (1876)

A mais recente versão da Carta Geológica de Portugal foi desenvolvida pelo LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia) em 2010. À escala 1: 1 000 000 recorrendo aos avanços da tecnologia, apresenta à mesma escala o substrato geológico do território do continente e das ilhas submerso, *cf.* Figura 2 (LNEG, 1999).

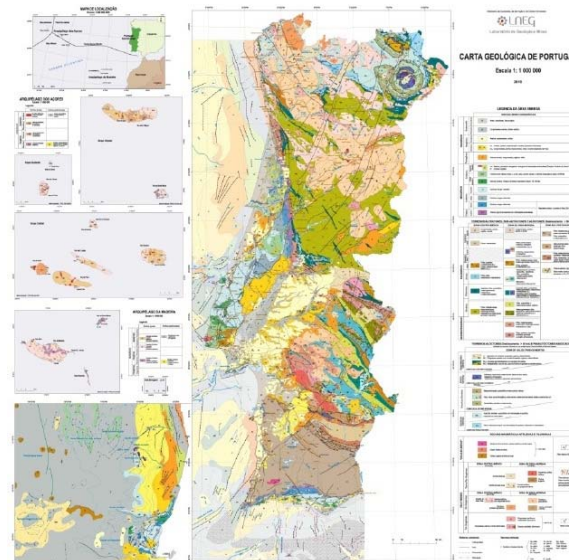


Figura 2 – Carta Geológica de Portugal, LNEG (2010)

Apesar da ultima versão da Carta Geológica de Portugal ser mais complexa, as semelhanças entre ambas são visíveis, principalmente no elemento tomado como fonte primordial de gás radão nesta Dissertação, o granito. Este é evidenciado com maior relevância, em ambas as cartas na zona Norte.

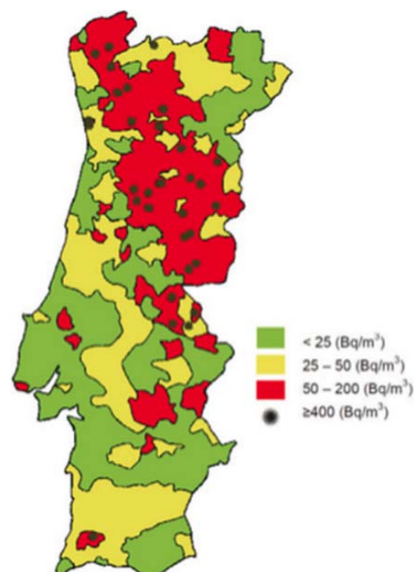


Figura 3 -Concentrações Médias em Portugal Continental, segundo o ITN

Segundo o Instituto Tecnológico Nuclear de Portugal (ITN) que efetuou o registo de 4200 edifícios a nível nacional, registaram-se as seguintes concentrações médias de radão, onde se dirige com principal ênfase para os distritos mencionados na Portaria nº353-A/2013 de 4 de dezembro, *cf.* Figura 3, (LUSORADON, 2015).

2.3. Principal Referencial Regulamentar

A nível da legislação Portuguesa aplicável o referencial utilizado para o estudo do gás radão é a Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro, onde referencia o valor mínimo de caudal a ser ventilado por espaço e estabelece limiares de proteção para poluentes físico-químicos e microbiológicos. Destaca-se o limite da concentração do radão, de 400 Bq/m³. E ainda menciona a obrigatoriedade de instrumentação das concentrações do gás radão, em edifícios de comércio e serviços em zonas graníticas, especialmente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco (República, 2013).

Para avaliação das concentrações limite de gás radão procedeu-se à análise dos requisitos impostos pela União Europeia, pela Organização Mundial de Saúde e para um conjunto de países onde o assunto é estudado.

2.3.1. Organização Mundial de Saúde (OMS)

A OMS reconheceu o radão no interior dos edifícios em 1979 como prejudicial á saúde humana sendo em 1988 considerado como agente cancerígeno pela IARC (Agência Internacional de Pesquisa do Cancro), agência da OMS especializada em pesquisa sobre o cancro.

O valor de referência de concentrações de gás radão é de 100 Bq/m³ em ambientes interiores, reconhecendo que não existe um valor limite do qual se possa afirmar que abaixo desse mesmo valor não exista risco de ocorrência de cancro do pulmão.

Por ser um valor recomendável tão baixo os 100 Bq/m³, a OMS aconselha a que nenhum regulamento deva exceder o valor de os 300 Bq/m³, de acordo com (WHO, Handbook on Indoor Radon, 2009).

2.3.2. União Europeia

Desde 1987 que o radão tem sido alvo de controlo por parte da União Europeia, nesse ano foram publicadas, por parte do Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), na publicação 50, recomendações acerca da exposição do gás em moradias e edifícios de serviços, tendo como premissa o seu risco de incidência de cancro associado.

Foram várias as publicações e diretivas públicas acerca da influência da exposição a concentrações de gás radão, que deram origem à mais recente Diretiva 2013/59/EURATOM de 5 de dezembro de 2013. Esta diretiva informa que os dados epidemiológicos de acordo com estudos efetuados afirmam o aumento do risco de cancro de pulmão para exposições prolongadas ao radão, no interior dos edifícios, na ordem dos 100 Bq/m³. Desta forma a diretiva estabelece que os estados membros não devem exceder concentrações médias de radão na ordem dos 300 Bq/m³, em todos os edifícios (EURATOM, 2013).

Em 2013 a Agência Europeia do Ambiente (EEA) publicou um mapa com base nas medições existentes, das concentrações de radão no interior de edifícios, *cf.* Figura 4, (EEA, 2013).

Sendo o gás radão um problema ascendente, *cf.* Figura 4, já se consta um número de instrumentação da sua concentração significativo, sendo ainda visível que muitos países encontram-se sem qualquer dado. Entre os mais instrumentados encontra-se a República Checa e a Finlândia (Sul) com maior registo de concentrações elevadas de gás radão. Podendo estes valores estar associados à geologia, materiais de construção e clima (Hulka, s.d.) (Valmari, Mäkeläinen, Reisbacka, & Arvela, 2010).

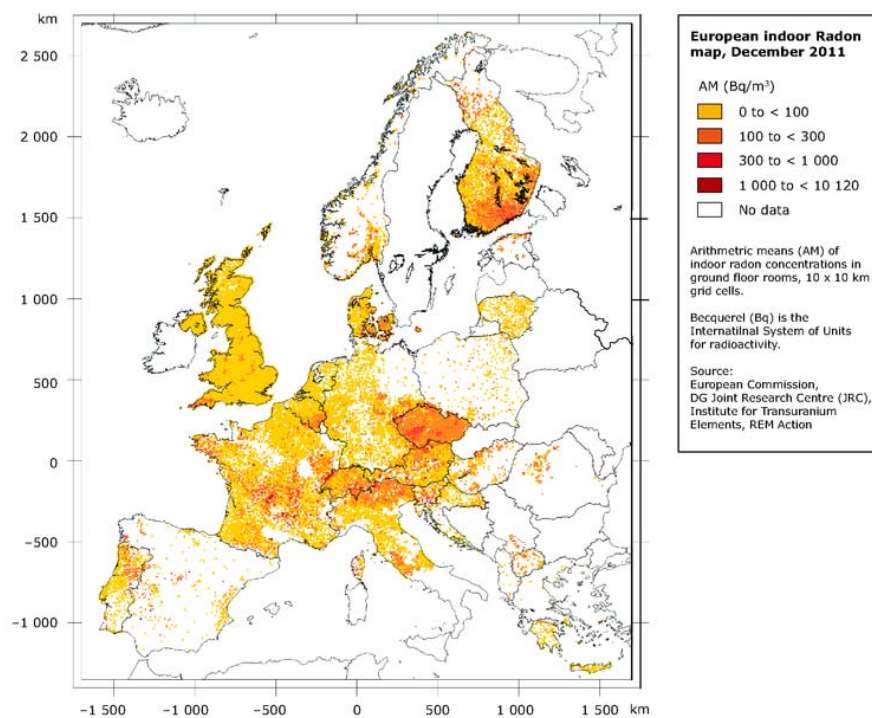


Figura 4 - Concentração de Radão interior na Europa, EEA, dezembro de 2011

2.3.3. França

A legislação aplicável francesa, estabelece o limiar de proteção de 400 Bq/m³ para construções existentes e 200 Bq/m³ para construções novas, de acordo com a antiga norma da União Europeia e identifica 31 departamentos considerados de risco. Distingue ainda dois tipos de edifícios para intervenção e combate da exposição ao gás radão:

- Edifícios públicos e de trabalho subterrâneos, onde a legislação exige a realização de medições a cada dez anos.

Para valores obtidos entre os 400 e os 1000 Bq/m³, o proprietário ou empregador devem implementar ações simples de mitigação de concentração do gás radão, e para valores maiores que 1000 Bq/m³ o proprietário ou empregador deve intervir, implementar e reparar de imediato medidas de controlo da concentração de gás radão.

- Edifícios habitacionais, a Portaria nº2016-128 de 10 de fevereiro de 2016, no artigo 40, estabelece que qualquer senhorio ou vendedor de imóveis situados num

dos 31 departamentos de risco deverão informar o interessado ou comprador do risco associado ao radão (o decreto deve ser posto e prática até 1 de julho de 2017), (Santé-Radon, 2017).

2.3.4. Inglaterra

Após a recomendação da Comissão Internacional de Proteção Radiológica para redução dos valores de referência da concentração de gás radão a Agência de Proteção de Saúde estabeleceu valor médio anual de referência de concentrações de gás radão de 200 Bq/m³ e distingue em 3 grupos conforme o grau de perigosidade:

- Áreas onde menos de 1% das casas instrumentadas encontrarem valores acima do valor padrão, são áreas de pouca probabilidade de radão;
- Áreas que obtenham entre 1% e 10% das casas instrumentadas encontrem valores acima do valor padrão, são áreas de média concentração de radão;
- Áreas com mais de 10% de valores instrumentados em casas, estejam acima do valor padrão, são consideradas Áreas de grande risco de concentração de radão (HPA, 2010).

2.3.5. Alemanha

O Serviço Federal de Proteção contra Radiações (Bundesamt für Strahlenschutz - BfS) alerta para o problema de saúde resultante da exposição a concentrações de gás radão, o cancro do pulmão, referindo a necessidade de medidas de mitigação para controlar as concentrações de gás radão no interior dos edifícios. Estas devem ser sempre implementadas quando o valor de instrumentação for superior a 100 Bq/m³. Apesar de ser difícil encontrar edifícios com valores inferiores, este valor é tido como valor referência (BfS, 2016).

2.3.6. Islândia

O Departamento de Saúde estabeleceu regulamentos de controlo de radão, onde se encontra o valor médio anual de referência para a concentração do gás em ambientes interiores de 4 pCi/L, equivalente a 148 Bq/m³ (DH, 2007).

2.3.7. Estados Unidos da América

A Agência de Proteção Ambiental aconselha que se implementem medidas de mitigação a moradias com valores superiores a 4 pCi/L, equivalente a 148 Bq/m³ (EPA, 2013).

Apesar da Diretiva (2013/59/EURATOM de 5 de dezembro de 2013) estabelecer que para os estados membros da União Europeia o valor referência é de 300 Bq/m³, Portugal, França e República Checa ainda usam como valor limiar de proteção 400 Bq/m³, valor previsivelmente a ser revisado em breve.

A Figura 5 pretende elucidar num panorama comparativos os valores de referência utilizados pelos países mencionados.

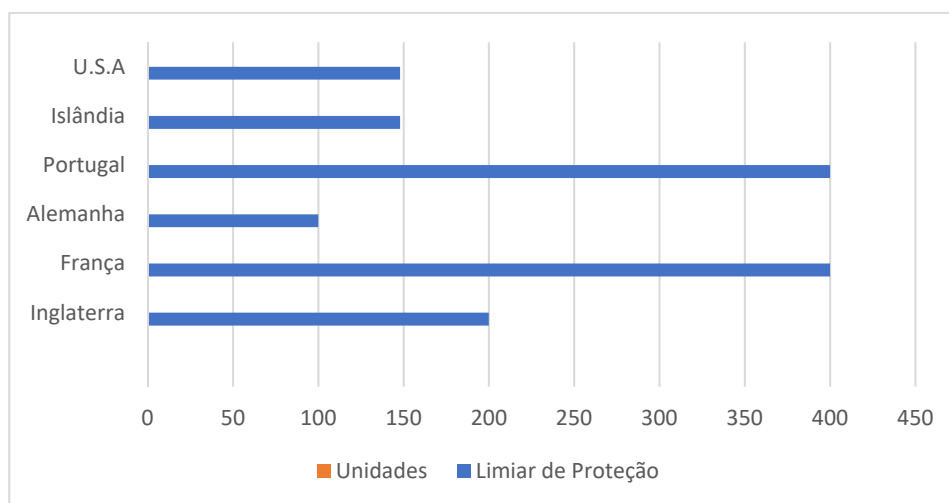


Figura 5 – Síntese de valores Limiar de Proteção

2.4. Propagação do Gás Radão nos Edifícios – Medidas de Mitigação

A concentração de gás radão varia devido às características do solo, materiais de construção, clima, e lidas domésticas (UNSCEAR, 2006). Em zonas graníticas as concentrações de radão manifestam-se por ser um constituinte do solo e também por ser utilizado frequentemente como material de construção. A sua acumulação tende a ser significativa aquando a pouca ou inexistente ventilação dos espaços,

verificando ainda a sua variação sazonal, sendo no interior das habitações, maior no Inverno do que no Verão, precisamente pela falta de ventilação. Durante o dia as suas concentrações também variam, sendo maiores quando a temperatura é mais baixa, geralmente à noite (ITN, 2011).

As infiltrações de gás radão podem ocorrer de diversas formas entre as quais, pelas zonas em contacto pelo solo, através da água se for proveniente de um furo, o radão pode entrar através do abastecimento, não só pelo seu consumo, mas também pelo seu aquecimento (Soares, 2011).

As concentrações de gás radão tendem a acumular-se nas zonas mais baixas da edificação. Quando se trata de minimizar a sua concentração em habitações já construídas, pode-se começar por vedar, frinchas e juntas de tubagens que existam no pavimento, impedindo assim a infiltração pelo solo. Quando se pretende construir, deverá ter-se em consideração a escolha adequada do local para o fazer, não sendo um local muito exposto à radiação radão (Soares, 2011).

A infiltração do radão no interior dos edifícios provém em cerca de 95% do solo, sendo que os materiais de construção apenas contribuem 5%, valores que podem ser contrariados pela utilização de rochas graníticas na construção das alvenarias (Ferreira M. J., 2006) .



Figura 6 - Meios de infiltração de gás radão nos edifícios

Entre outras infiltrações a Figura 6 representa a ascensão do gás radão até ao interior do edifício a partir do solo, e a sua possível presença nas águas sanitárias utilizadas (ITN, 2011).

De acordo com (Ferreira M. J., 2006) e de uma forma genérica, através de estratégias em fase de projeto é possível minimizar o risco das infiltrações do gás radão, estudando e analisando todos os meios que poderão servir o seu meio de propagação de radão. Desta forma deverá ter-se em conta os seguintes fatores:

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO GÁS RADÃO EM MORADIAS GRANÍTICAS

- a) A escolha do local de construção necessita de um estudo prévio do seu solo, que servirá de base ao edifício;
- b) Reduzir as áreas de contacto com o solo, por exemplo evitando caves ou paredes subterradas;
- c) Na escolha dos materiais construtivos, privilegiar os que tenham baixo teor de radiatividade natural;
- d) Promovendo as chaminés de exaustão onde estas sejam necessárias;
- e) Colocação de sistema de drenagem de radão entre o terreno e o piso térreo, através de caixas e tubagens perfuradas, e posterior colocação de barreiras “anti-radão”.

Nos edifícios já construídos podem ser preconizadas as seguintes medidas:

- a) Aumentar o período de ventilação natural;
- b) Selagem de fissuras existentes em paramentos ou pavimentos em contacto com o material rico em radiatividade natural;
- c) Colocação de barreiras impermeáveis ao radão;
- d) Colocação de ventilação mecânica ou natural entre o piso térreo e o solo.

As infiltrações no interior do edifício do gás radão são essencialmente provenientes do solo, explicadas pela diferença de pressão entre o solo e o interior das habitações, de acordo com (WHO, Handbook on Indoor Radon, 2009) é possível aplicar medidas preventivas em fase de projeto aplicando:

a. Despressurização ativa do solo (DAS)

Esta estratégia implica a colocação de um sistema de tubos que formam um ou mais pontos de sucção, localizados numa camada de cascalho de alta permeabilidade, por baixo do piso de pavimentação da habitação. Será necessária a instalação de um exaustor colocado em sótão ventilado ou no exterior do imóvel. Este sistema pode ser comprovado quanta a sua eficiência com um manómetro de tubo em U e devem estar identificados através de traçado em planta, evitando confusões com os tubos técnicos, *cf.* Figura 7.

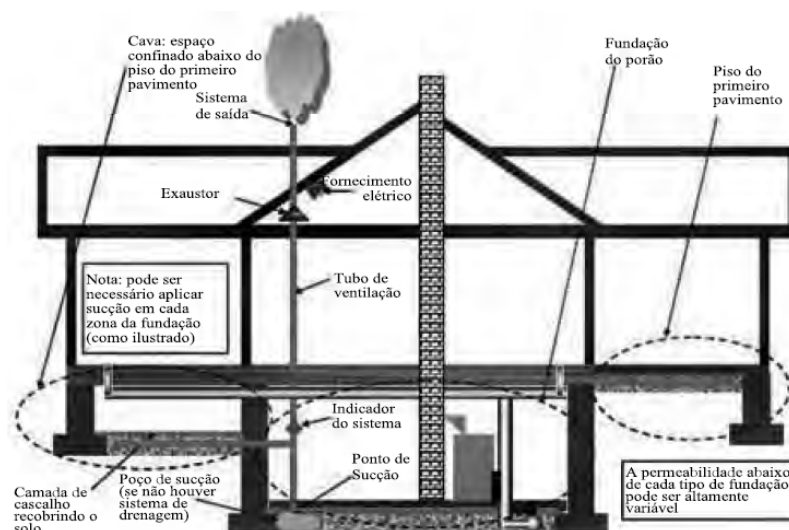


Figura 7 - Despressurização do solo ativa, WHO 2009

b. Despressurização passiva do solo (DPS)

De acordo com a Figura 8 é visível a semelhança à DAS, mas a sua eficácia depende da flutuação térmica do ar do tubo e da sua capacidade de aliviar ligeiramente a pressão do solo sob a residência, depende ainda da colocação de uma camada impermeável distribuída uniformemente entre o solo e pavimento, o tubo de ventilação deve passar em compartimentos aquecidos, e quando não o seja deve ser termicamente isolado, e a sua trajetória deve permitir a instalação de um exaustor, o sistema deve ser identificado de forma a evitar confusões com as demais instalações técnicas.

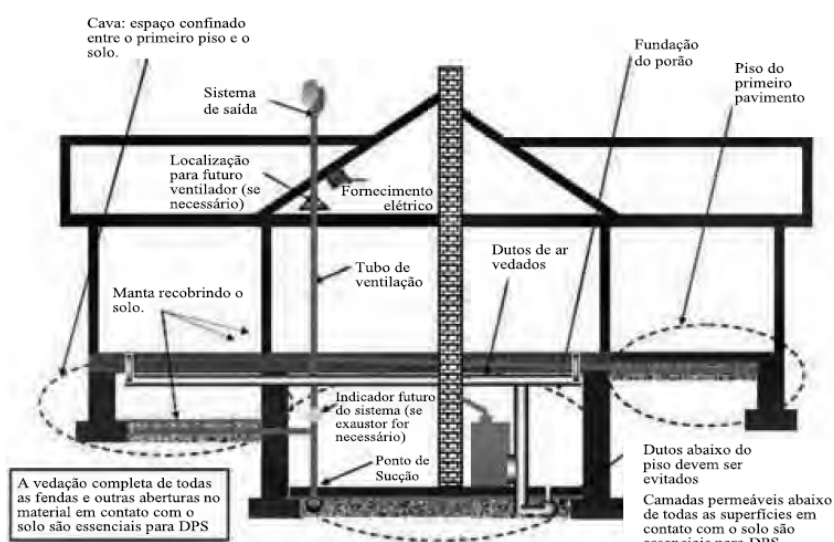


Figura 8 -Despressurização passiva do solo, WHO 2009

c. Vedação de superfícies

A vedação das superfícies que separam o solo do pavimento, melhora o desempenho de sistemas como a DAS e DPS, mas não evita que o radão se infiltre através do pavimento uma vez que não impede o fluxo de ar impulsionado pela pressão.

d. Mantas e Barreiras

Estas mantas ou barreiras são colocadas entre o solo e o pavimento da habitação, essencialmente preventoras da infiltração de gás radão.

As barreiras podem ainda ser utilizadas a par de outros sistemas de prevenção como a despressurização do solo, como por exemplo na Finlândia é recorrente o uso de telas asfálticas por baixo do pavimento.

e. Ventilação de espaços livres

Nesta estratégia é feita a ventilação de espaços livres entre o solo e o pavimento, que pode reduzir as infiltrações de radão para o interior do edifício, dependendo de uma série de fatores, entre eles o facto de existir uma boa vedação entre o solo e o pavimento.

f. Ventilação dos espaços ocupados

É necessário promover a ventilação dos compartimentos interiores, de forma a que a sua promoção tenha redução na concentração do gás radão, deverão ser ainda evitados os materiais fonte de gás radão, como por exemplo o granito.

Para edifícios existentes, a OMS (WHO, Handbook on Indoor Radon, 2009) referencia que para a determinação da mitigação a implementar, deverá ser rigorosa a medição da concentração de gás radão de acordo com o nível de referência aplicável. Uma vez que para medições pouco elevadas as estratégias de mitigação deverão ser mais ligeiras, devido aos custos nesta fase serem mais significativos. Existem várias formas de investigação e diagnóstico da concentração do gás radão. Os passos seguintes são importantes para a escolha da medida a implementar tendo em conta o custo associado:

- A Inspeção visual é importante para a determinação de potenciais pontos de infiltração do radão, observando pontos de entrada, opções de implementação de sistema DPS ou DAS, principais fontes de

despressurização da casa, história construtiva do edifício e aparelhos de combustão existentes.

- Quando se questiona a causa da infiltração do radão ser impulsionada pela diferença de pressão, pode ser utilizado um gás químico, uma ampola de pó ou micromanómetro para determinar a diferença de pressão e a extensão do campo de pressão do solo quando despressurizado com um aspirador ou ventilador provisório (Henschel, 1993).
- Tal como em fase de projeto a DAS pode ser aplicada quando necessário em edifícios existentes.
- A ventilação dos espaços ocupados pode ser efetuada manualmente sempre que seja somente necessário ou mecanicamente quando a ventilação manual não se revele suficiente.

2.5. Alguns Estudos Aplicados

No presente subcapítulo serão apresentados alguns artigos científicos que se revelaram de carácter importante para a compreensão do problema de ar interior, o gás radão. Estes estudos contribuíram para a presente Dissertação com conhecimento e as experiências/estudos efetuados, por isso é indispensável a sua referência em breves resumos.

2.5.1. Impacto da ocupação Humana em concentrações de radão Interiores: Estudo baseado em medições in-situ para um conjunto de casas no Alto-Minho, Portugal

Este artigo realizou medições em residenciais ocupadas e não ocupadas, fazendo parte também o laboratório de uma escola, onde foi concluído que as concentrações de radão reduzem com a ventilação do espaço em estudo, estando também relacionadas a temperatura e a humidade relativa. Verificaram que quando as concentrações de radão são altas, normalmente a temperatura é mais baixa e a humidade relativa mais elevada, observou-se o contrário quando estes parâmetros se depararam com o fator ventilação.

Foi concluído que com a falta de ventilação por parte dos ocupantes, torna as concentrações de radão mais elevadas que o valor regulamentar Português, que tem como valor máximo de 400 Bq/m³.

Sugere-se ainda que dada a predominância do granito nas construções do Alto Minho, que seja realizada uma solução para melhorar a QAI, evitando a exposição ao gás radão por parte dos ocupantes. Será necessário prevenir e encorajar os moradores a tomar medidas para combater a concentração de gás radão no interior das habitações.

Como a principal fonte de concentração de radão advém do solo é possível criar pisos ventilados, como o caso de flutuantes. Na construção nova será necessária a utilização de uma membrana à prova de radão em todo o rés-do-chão e alvenarias graníticas, sendo estas possíveis medidas de mitigação ao gás radão.

Para os edifícios existentes a chave para a mitigação de concentrações de gás radão é a ventilação. (Curado & Lopes, 2016)

2.5.2. O gás radão no contexto da legislação sobre a Qualidade do Ar Interior em Edifícios – A experiência Portuguesa

Este artigo referencia a existência de legislação em Portugal relativa à QAI, vigente desde 2016, estabelecendo esta valores limite para a concentração de gás radão no interior dos edifícios.

Evidência e apresenta uma análise de casos experimentais, efetuados pelo Laboratório de Radiatividade Natural do Departamento de Ciências da Terra, da Universidade de Coimbra.

O experimento baseou-se na medição de 110 habitações, com detetores passivos do tipo CR39, localizadas no distrito de Bragança, Guarda, Porto, Viana do Castelo e Vila Real, onde se pode verificar que 96% das análises efetuadas não atingiu o valor máximo de referência. Por sua vez nos cinco casos em que as concentrações ultrapassaram o limiar de proteção, os seus valores situaram-se acima dos 600 Bq/m³.

Como conclusão sumária, justificaram os valores abaixo do limiar de proteção devido à arquitetura e ao uso dos próprios edifícios, tal como a maioria ser constituído por mecanismos de ventilação forçada. (Pinto, Pereira, & Neves, 2010)

2.5.3. O radão nos edifícios - Minimização da perigosidade

Este artigo retrata uma análise extensa do radão, desde as radiações a que lhe deram origem, até aos seus descendentes. Regista grande parte do processo químico associado ao gás radão, e os seus efeitos indesejados na saúde pública. Contemplam o seu estudo com o registo da localização das rochas propícias à libertação do radão e referem ainda os principais meios de infiltração nos edifícios, sendo este não só a nível do ar, mas também presente na água que ingerimos ou utilizamos para banhos, proveniente do solo.

Apresentam soluções de combate às infiltrações do gás radão tanto na fase de projeto, como na reabilitação de edifícios. Recorrendo ainda ao registo fotográfico para melhor interpretação das medidas de mitigação, conforme mencionadas no ponto 2.4 (Ferreira M. J., 2006).

2.5.4. OMS – Manual do Radão em Ambientes Interiores

A OMS criou um manual muito completo de informação referente ao gás radão desde o seu efeito na saúde pública à sua forma de controlo. Este manual é dividido em seis capítulos que serão brevemente introduzidos:

1. Efeitos do radão na saúde;

Este capítulo discute o conhecimento atual sobre o radão quanto aos riscos de saúde associados, e apresenta estimativas conhecidas até à data (2009) da exposição da população a concentrações de gás radão, relacionando com os riscos de cancro do pulmão. Através de estimativas conseguiram concluir que o cancro do pulmão é mais provável de ocorrer em pessoas expostas à concentração de radão quando são fumadoras.

2. Medições de radão;

Este capítulo aborda diferentes dispositivos de medição do radão e elabora de procedimentos para medições confiáveis, no ar e na água, abordando ainda medições de diagnóstico em materiais de construção. Neste capítulo estão ainda referenciados como importantes os métodos de medição tal como a sua calibração e a necessidade de criação de uma metodologia a implementar, como forma de enriquecer e obter dados confiáveis.

3. Prevenção e Mitigação de radão;

Neste capítulo são discutidas as medidas de combate à concentração de gás radão sobre prevenção, consideradas em fase de projeto para novas construções e sob forma de mitigação, em edifícios já existentes.

4. Custo-Efetividade do controle de radão;

O capítulo 4 evidencia o uso da avaliação económica como forma de avaliação dos custos e benefícios de diferentes medidas de mitigação, ilustrado com um caso de estudo.

5. Comunicação e risco do radão;

Este capítulo fornece estratégias de comunicação do risco de radão, e propõe várias mensagens informativas de sensibilização da população.

6. Programas nacionais de radão.

O capítulo 6 e último apresenta parâmetros de desenvolvimento de um programa nacional de radão, são ainda discutidos níveis de referência e a sua importância.

2.6. Síntese de Conclusões

Segundo a OMS o gás radão é o segundo causador do cancro do pulmão, logo atrás do fumo do tabaco. São grandes as evidências associadas ao radão em ambientes interiores e o cancro do pulmão, mesmo para valores baixos de radão, normalmente encontradas em moradias unifamiliares. (WHO, Handbook on Indoor Radon, 2009)

O granito é a principal fonte de urânio que ao desintegrar-se forma o gás radão, o que torna o granito uma das principais fontes de gás radão (LUSORADON, 2015).

Em Portugal o granito é abundante por todo o território, mas é sobretudo encontrado na região Norte do país (Teixeira C. , 1976). O valor máximo referencial para concentrações de radão em Portugal e em França é de 400 Bq/m³, sendo nos EUA e na Islândia o valor de 148 Bq/m³, já Inglaterra aconselha o valor máximo de 200 Bq/m³, na Alemanha com valor de referência é de 100 Bq/m³. A par dos valores referência propostos pelos países mencionados, encontra-se a Diretiva Europeia que estabelece o valor máximo de 300 Bq/m³, para estados membros da UE, em concordância com a OMS, sendo para a OMS este valor apenas considerado quando, e somente quando não é possível obter valores máximos de 100 Bq/m³.

Os estudos aplicados e analisados permitem concluir que o gás radão é um problema crescente, principalmente em zonas graníticas e a sua principal infiltração para os ambientes interiores dos edifícios provém dos solos. Evidenciam ainda que devem ser instaladas medidas mitigação, tal como a elaboração de um programa de controlo de radão.

É possível prevenir as concentrações elevadas de gás radão no interior dos edifícios, implementando sistemas de despressurização ativa ou passiva ao nível do solo ou de barreiras “anti-radão”, evitando assim as suas infiltrações.

Sendo o principal fator de combate à concentração do gás radão, a ventilação, esta deve ser aplicada como medida mitigadora em edifícios existentes, mas sempre que esta medida não seja suficiente devem ser instalados meios de ventilação mecânica e em casos extremos, deve-se prever implementar a despressurização ativa do solo, aplicando tubos de ventilação do piso que permitam a libertação do gás radão no exterior dos edifícios.

CAPÍTULO III. ESTUDO EXPERIMENTAL

3.1. Enquadramento do Estudo

O estudo experimental desenvolvido na Dissertação em curso consiste na monitorização da concentração de radão, temperatura e humidade relativa de dez moradias unifamiliares localizadas no concelho de Barcelos, em construção granítica, com registo das condições de ventilação e da ocupação dos espaços monitorizados.

As moradias instrumentadas situam-se no vale do rio Neiva, freguesias de Palme e Fragoso, no concelho de Barcelos, *cf.* Figura 9 e *cf.* Figura 10. No total foram monitorizadas dez moradias, oito das quais na freguesia de Palme e duas na freguesia de Fragoso.

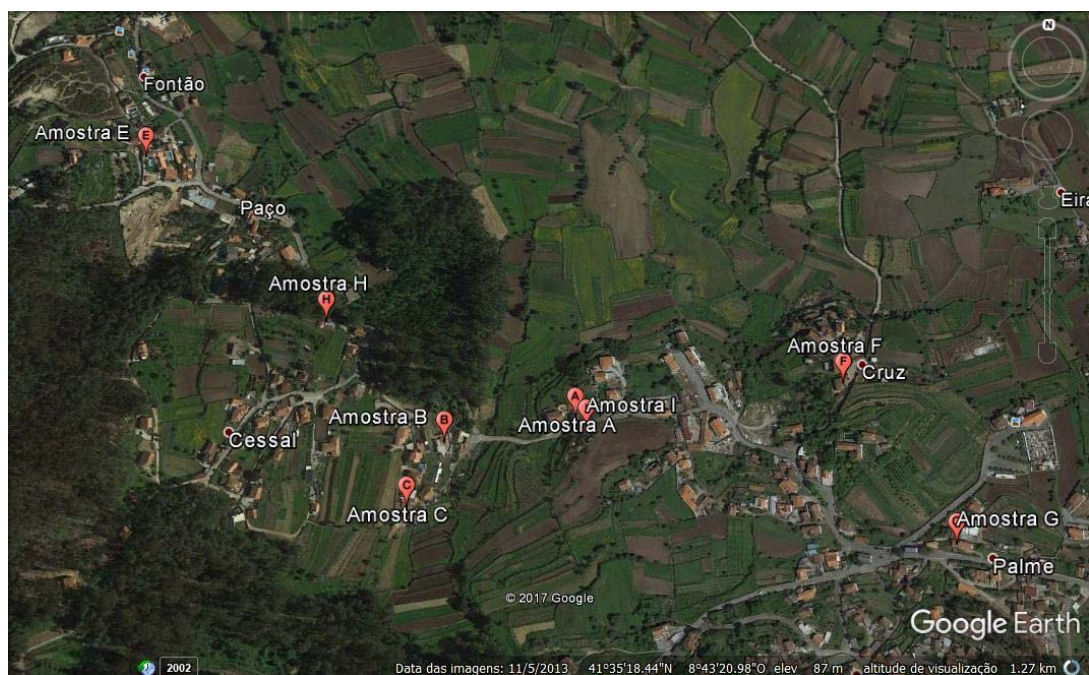


Figura 9 - Habitações instrumentadas na freguesia de Palme, Google



Figura 10 - Habitações instrumentadas na freguesia de Frago, Google

3.2. Geologia no Local

De acordo com (Teixeira & Cândido, 1969): “A maior parte da área abrangida pelo mapa de Barcelos é ocupado por rochas graníticas, em muitos locais cobertas por depósitos modernos.”

A carta geológica do concelho de Barcelos, cf. Figura 11, apresenta na sua maioria afloramentos graníticos, podendo ser biotíticos (predominância), ou de duas micas. (Zenha, 2015)

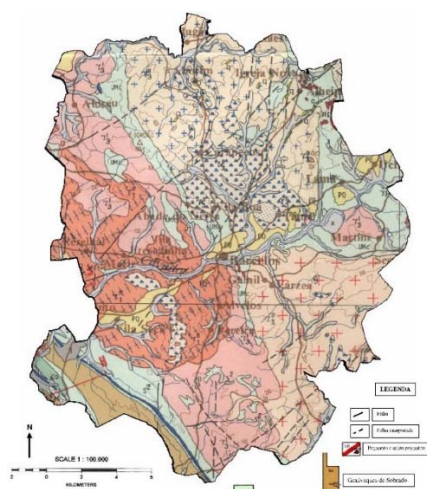


Figura 11 – Carta geológica de Barcelos

A carta Geológica de Barcelos é correspondente à Folha 5C da Carta Geológica Nacional, datada em 1969, onde apresenta uma distinta série de granitos monzonítico existentes no concelho, entre eles, os porfiróides, de grão médio grosso, não porfiróide, de grão fino, médio ou grosso, granodiorito de grão médio ou fino e ainda granito alcalino (Teixeira & Cândido, 1969) .



Figura 12 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha 5C, Palme



Figura 13 - Excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha 5C, Fragoso

Analisando a Folha 5C (Teixeira & Cândido, 1969), as localizações das casas instrumentadas encontram-se sob solo granítico monzonítico não porfiróide de grão médio, cf. Figura 12 e cf. Figura 13.

3.3. Descrição da amostra Instrumentada

Neste subcapítulo será apresentada a metodologia adotada para a instrumentação das moradias unifamiliares no ponto 3.3.1.

E nos seguintes subcapítulos serão apresentadas as características das habitações instrumentadas, tal como os materiais construtivos, nomeadamente as alvenarias exteriores e interiores, caixilharias e ainda os meios de ventilação.

É ainda apresentada uma fotografia da fachada principal da moradia e as suas plantas de compartimentação (sem escala) com a colocação das sondas de monitorização.

3.3.1. Metodologia adotada

Conforme indicado no Capítulo 1 foram instrumentadas dez moradias unifamiliares localizadas no concelho de Barcelos. Cada moradia foi identificada como um elemento da amostra, com as letras A a J. Em cada amostra instrumentada foram instaladas sondas de monitorização em dois compartimentos com ocupação permanente, designadamente em quartos e salas. Desta forma, em cada elemento da amostra surgem identificados os compartimentos nos quais foram efetuadas medições da concentração de radão, temperatura e humidade relativa.

Os compartimentos instrumentados foram selecionados para o efeito por constituírem espaços com ocupação humana em períodos temporais alargados. A medição em edifícios constituídos por alvenaria distinta no mesmo piso, permite analisar o desempenho dos compartimentos com características construtivas, de ocupação e de ventilação diferenciados.

O registo de ventilação foi efetuado junto dos moradores, este registo foi efetuado com o maior rigor possível, mas reconhecendo que a hora de abertura de vãos não é de todo precisa.

A ventilação poderá ser um dos principais fatores da variação da concentração de gás radão, sendo previsível que ocorrendo trocas de ar, do meio exterior com o meio interior, surja o decaimento da concentração de gás radão, consoante o tempo de ventilação.

Para o conhecimento da designação das amostras e compartimentos estudados, tal como a sua localização deve ser consultado o Anexo 1, onde se encontra o índice das amostras instrumentadas.

Cada amostra foi efetuada com as fichas de caracterização de cada compartimento, que se encontram nos Anexos de 3 a 22.

3.3.2. Amostra A

A amostra A refere-se a uma moradia reabilitada com dois pisos, composta por piso de rés-do-chão e piso elevado, concluída no ano de 2016, de tipologia T3, com sala de estar integrada na cozinha e duas casas de banho. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos de granito, no rés-do-chão, e bloco térmico, no piso elevado. As paredes exteriores de fachada foram isoladas recorrendo à solução ETICS e revestidas interiormente com placas de gesso cartonado. A parede de granito no rés-do-chão encontra-se totalmente revestida pelas placas de gesso cartonado pelo interior, com caixa de ar para passagem de instalações técnicas. A compartimentação interior encontra-se efetuada com divisórias leves em gesso cartonado para maximização da área habitável.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- a. Sala de estar e Cozinha no rés-do-chão, identificado como compartimento A1;
- b. Quarto no piso elevado, identificado como compartimento A2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura de vãos envidraçados, exaustar para extração de fumos. Os vãos envidraçados são em caixilharia de alumínio de abrir e oscilo batentes, com vidro duplo e caixa de estores, sem grelhas de ventilação incorporadas.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 22 e 28 de agosto de 2016. Aquando a instrumentação a moradia não estava a ser habitada, sendo apenas arejada com fins de manutenção por períodos de uma e duas horas.

Na Figura 14 pode observar-se o alçado principal do edifício completamente rebocado e pintado, onde se integram os compartimentos do piso de rés-do-chão e piso elevado.



Figura 14 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra A

Através dos levantamentos efetuados foi possível executar esboços aproximados da planta de rés-do-chão e piso elevado existentes na fração. Permitindo o registo da colocação dos detetores de radão, cf. Figura 15.

É possível analisar o levantamento efetuado pela observação das fichas de caracterização dos compartimentos A1 e A2 presentes no Anexo 3 e no Anexo 4, respetivamente.

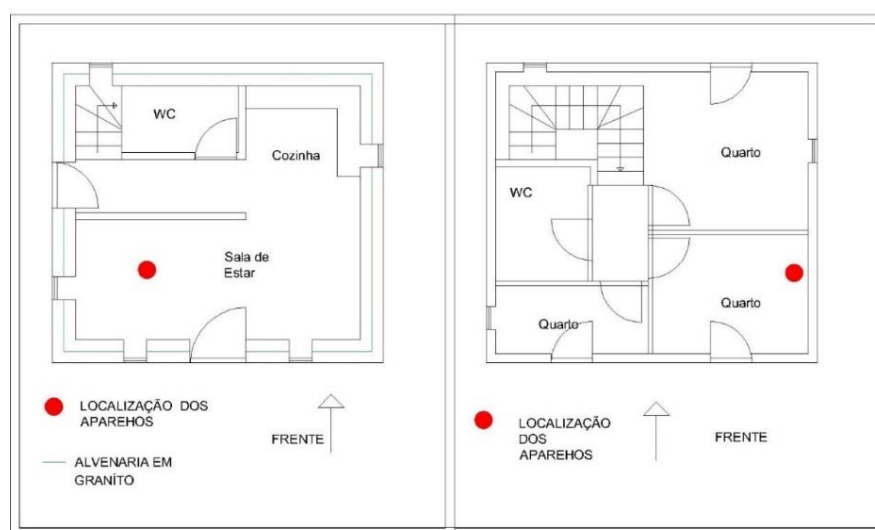


Figura 15 - Plantas de apresentação do rés-do-chão e piso elevado, Amostra A (sem escala)

3.3.3. Amostra B

A amostra B refere-se a uma moradia reabilitada com dois pisos, composta por piso de rés-do-chão e piso elevado, concluída no ano de 2015, de tipologia T4, com sala de estar, cozinha e duas casas de banho. A moradia é constituída por elementos de granito no edifício reabilitado e em bloco térmico no aumento lateral, o aumento do edifício é constituído por parede de granito no limite do terreno, como se pode observar na Figura 16. O corpo constituído por elementos graníticos não tem qualquer revestimento tanto interior como exterior. A compartimentação interior é ainda constituída por alvenaria em pedra granítica entre a cozinha e sala de estar e por tijolo nas restantes divisões.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- a. Sala de estar no piso elevado (edifício reabilitado), identificado como compartimento B1;
- b. Quarto no piso elevado (edifício ampliado), identificado como compartimento B2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura de vãos envidraçados, sendo estes constituídos por caixilharia de alumínio de correr e abrir com vidro duplo sem caixa de estores ou portadas, sem grelhas de ventilação incorporadas, sendo a sala de estar constituída por uma chaminé desobstruída, permitindo a livre circulação do ar.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 29 de agosto e 3 de setembro de 2016. Aquando a instrumentação a moradia encontrava-se habitada por um casal com duas filhas.

Através do levantamento efetuado, foi possível executar esboços da planta do edifício do piso elevado, uma vez que foi neste piso que foram colocados os aparelhos de medição, como se pode verificar na Figura 17.

As fichas de caracterização dos compartimentos B1 e B2 podem ser consultadas no Anexo 5 e Anexo 6, respetivamente. Onde se podem observar as características dos compartimentos e registos fotográficos dos mesmos.



Figura 16 - Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra B

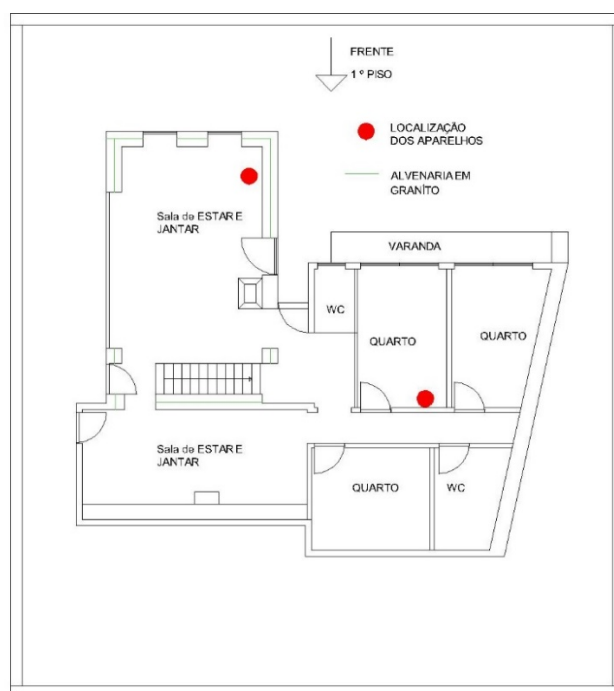


Figura 17 - Planta de apresentação do Piso 1, Amostra B (sem escala)

3.3.4. Amostra C

A amostra C refere-se a uma moradia reabilitada com dois pisos, composta por rés-do-chão e piso elevado, concluída na década de 80, de tipologia T1, com sala de estar, cozinha e uma cada de banho. A moradia é constituída por elementos de granito, no edifício reabilitado e por bloco de cimento na parte ampliada, sala de estar

e casa de banho. A parede de granito encontra-se rebocada pelo interior e à vista pelo exterior no quarto e cozinha. A divisão que separa o quarto da sala é em elementos de granito, dispostos à vista na sala de estar. É constituída por divisórias de compartimentação em tijolo rebocado de ambas as faces.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- a. Sala de Estar no piso elevado, identificado como compartimento C1;
- b. Quarto no piso elevado, identificado como compartimento C2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura dos vãos exteriores, sendo os vãos envidraçados constituídos por caixilharia de alumínio de abrir e correr, em vidro simples, sem caixa de estores, portadas e grelhas de ventilação incorporadas.

A moradia apresenta granito à vista pela face exterior, afetando a cozinha e o quarto do edifício, como se pode observar na Figura 18, nesta figura ainda se pode identificar o aumento do edifício.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 3 e 8 de setembro de 2016. Aquando a instrumentação a moradia encontrava-se habitada por um casal.

Através do levantamento efetuado foi possível executar o esboço do piso elevado, sendo neste colocados os detetores de radão, neste levantamento pode ainda ser identificada a alvenaria de granito dada a sua maior espessura, Figura 19.

Para compreender todo o processo de caracterização dos compartimentos C1 e C2, devem ser consultados o Anexo 7 e Anexo 8, respetivamente.



Figura 18 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra C

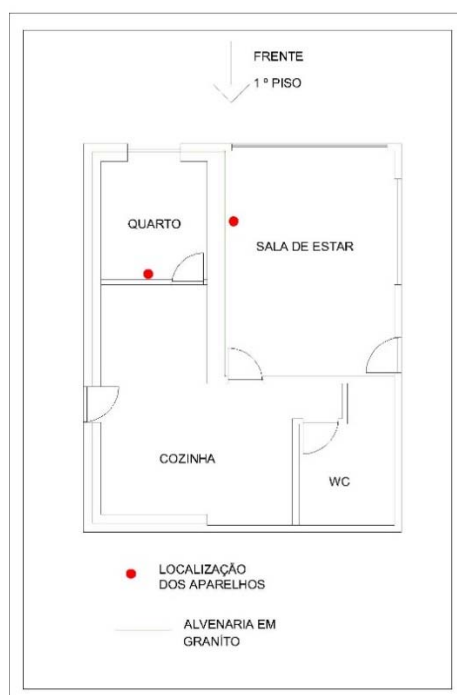


Figura 19- Planta de apresentação do Piso 1, Amostra C (sem escala)

3.3.5. Amostra D

A amostra D refere-se a uma moradia com um piso de rés-de-chão, de tipologia T3, com sala de estar integrada na cozinha e duas casas de banho. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos graníticos em todo o piso. As paredes de fachada exteriores são em granito à vista, sendo o interior rebocado nos quartos e casas de banhos, exceto na sala de estar e nas soleiras das janelas dos restantes compartimentos, sendo em granito até ao pavimento. A compartimentação interior encontra-se efetuada com divisórias de tijolo rebocadas e pintadas.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- a. Sala de estar/ cozinha, identificado como compartimento D1;
- b. Quarto, identificado como compartimento D2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura de vãos exteriores e pela existência de uma chaminé desobstruída na cozinha, os vãos envidraçados são constituídos por caixilharia em madeira com vidro simples, com portadas interiores em madeira, sem grelhas de ventilação incorporadas.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 2 e 7 de outubro de 2016. Aquando a instrumentação a moradia encontrava-se habitada por um casal.

Pela análise da Figura 20 é possível observar a alvenaria granítica à vista em toda a envolvente do edifício, tal como a caixilharia em madeira existente. A caracterização mais detalhada dos compartimentos D1 e D2, podem ser consultados no Anexo 9 e Anexo 10, respetivamente.



Figura 20 – Moradia Unifamiliar em Fragoso, Amostra D

O levantamento efetuado do edifício permitiu executar o esboço da planta de piso, representada na Figura 21, onde é visível a localização dos detetores utilizados para a medição.

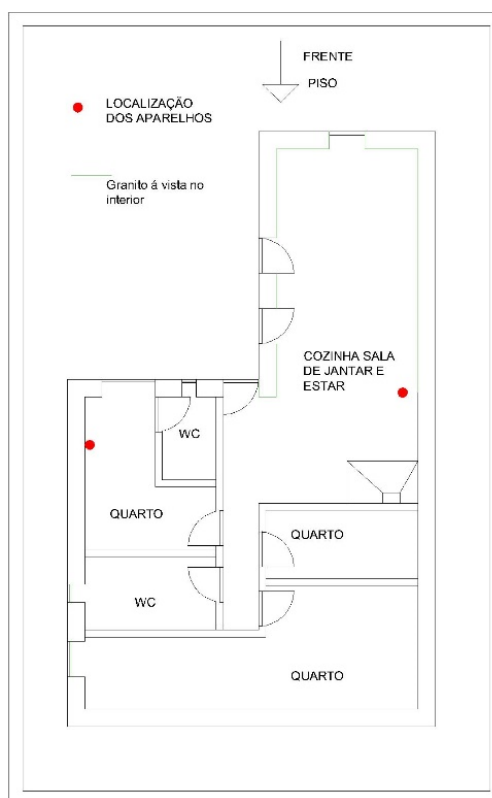


Figura 21 – Planta de Apresentação de Piso, Amostra D (sem escala)

3.3.6. Amostra E

A amostra E refere-se a uma moradia rústica, composta por dois pisos, piso de cave e piso de rés-do-chão construída no ano de 2000, de tipologia T1, com sala de estar, casa de banho e cozinha. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos graníticos. A parede de granito encontra-se á vista no seu interior na cozinha localizada na cave e na sala de estar, no piso do rés-do-chão, sendo o quarto revestido com argamassa e pintura. A compartimentação interior encontra-se efetuada em tijolo rebocado e pintado.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- a. Cozinha na cave, identificado como compartimento E1;
- b. Quarto no piso de rés-do-chão, identificado como E2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura dos vãos exteriores e pela existência de uma chaminé desobstruída na cozinha, sendo os vãos envidraçados do piso de rés-do-chão constituídos por caixilharia de madeira de abrir com vidro simples, com portadas interiores em madeira, sem grelhas de ventilação incorporadas. A cozinha na cave não tem vãos envidraçados.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 9 e 14 de outubro de 2016. Aquando a instrumentação a moradia não estava a ser habitada, sendo apenas arejada com fins de manutenção com periodicidade irregular como se pode observar no registo de ventilação integrado na ficha de caracterização, no Anexo 12, compartimento E2.

A Figura 22 apresenta a fachada principal do edifício, onde é observada a alvenaria exterior em granito, referente ao piso de rés-do-chão.

Através das fichas de caracterização dos compartimentos E1 e E2, inseridas no Anexo 11 e Anexo 12 é possível visualizar os compartimentos instrumentados.



Figura 22 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra E

A Figura 23 apresenta o esboço das plantas de cave e piso do edifício sendo perceptível a localização dos detetores e a presença de alvenaria e granito com espessura superior às restantes compartimentações. Na planta de cave é ainda visível a presença de dois quartos e uma casa de banho, que só têm acesso pelo exterior da moradia.

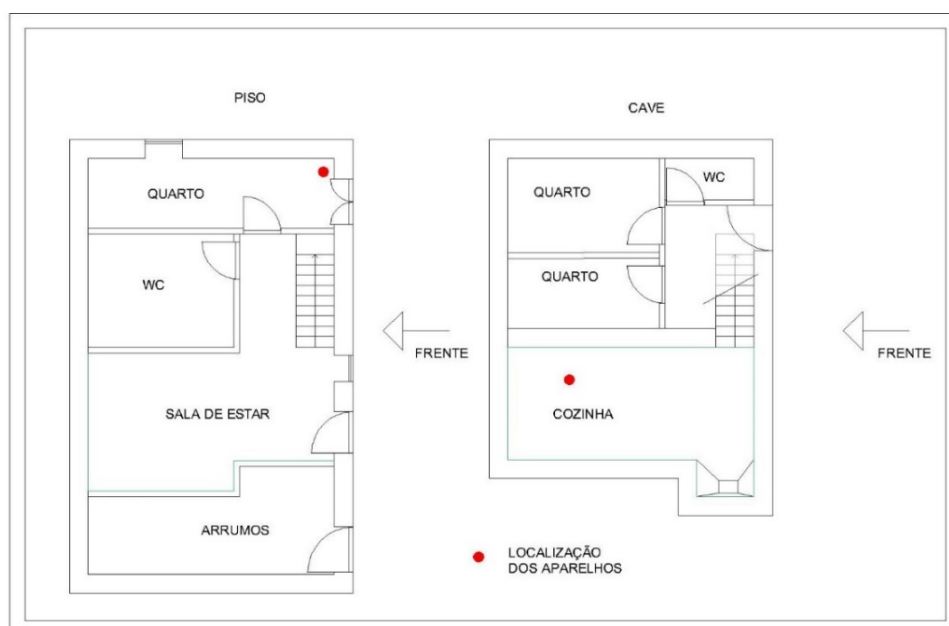


Figura 23 - Plantas de Piso e Cave, Amostra E (sem escala)

3.3.7. Amostra F

A amostra F refere-se a uma moradia reabilitada com dois pisos, composta por piso de rés-do-chão (enterrado no alçado posterior) e piso elevado. O piso do rés-do-chão foi concluído em 2016, de tipologia T4, com sala de estar integrada na cozinha e duas casas de banho. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos de granito, no rés-do-chão, Figura 24. As paredes exteriores são revestidas pelo interior em placas de gesso cartonado com caixa de ar para passagem de instalações técnicas. A compartimentação interior encontra-se efetuada com divisórias de tijolo rebocadas e pintadas

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- a. Sala de estar e cozinha no piso de rés-do-chão, identificado com como compartimento F1;
- b. Quarto no piso de rés-do-chão, identificado como compartimento F2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura dos vãos exteriores, sendo os vãos envidraçados constituídos por caixilharia de alumínio de abrir e oscilo batente, com vidro duplo, sem caixa de estores, portadas ou grelhas de ventilação incorporadas.

Para complementação de informação devem ser consultadas as fichas de caracterização dos compartimentos F1 e F2, no Anexo 13 e Anexo 14, respetivamente.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 19 e 24 de outubro de 2016. Aquando a instrumentação a moradia estava a ser habitada, sendo arejada diariamente pela abertura dos vãos em períodos de sete horas.

O levantamento efetuado permitiu o esboço da planta do piso de rés-do-chão, registando a localização dos detetores de radão e as paredes de alvenaria granítica (com maior espessura), *cf.* Figura 25.



Figura 24 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra F

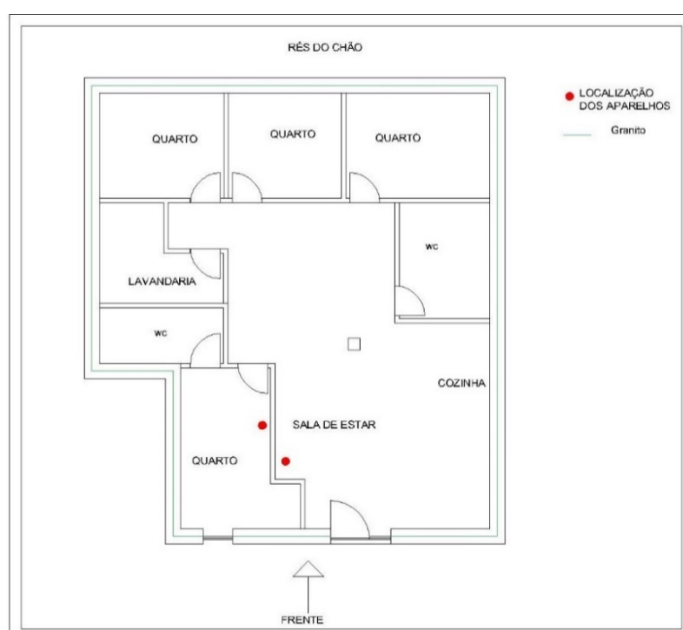


Figura 25 - Planta do Rés-do-Chão, Amostra F (Sem escala)

3.3.8. Amostra G

A amostra G refere-se a uma moradia reabilitada com dois pisos, composta por piso de rés-do-chão e piso elevado, concluída no ano de 2004, de tipologia T3, com sala de estar, cozinha e uma casa-de-banho. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos de granito na sua totalidade, *cf.* Figura 26. A parede de granito encontra-se revestida pelo seu interior com uma fiada de tijolo com caixa-de-ar entre ambas, no piso elevado. A compartimentação interior encontra-se efetuada em tijolo rebocado a ambas as faces e pintado.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- a. Cozinha no piso elevado, identificado como compartimento G1;
- b. Quarto no piso elevado, identificado como compartimento G2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura de vãos exteriores, e pelo exaustor de extração de fumos na cozinha. Os vãos envidraçados constituídos por caixilharia de madeira de abrir, com vidro duplo, sem caixa de estores, portadas ou grelhas de ventilação incorporadas.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 26 a 31 de outubro de 2016. Aquando a instrumentação a moradia encontrava-se ocupada por um casal e filho, é efetuado o registo de ventilação através da abertura dos vãos envidraçados dos compartimentos instrumentados.



Figura 26 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra G

O levantamento efetuado permitiu executar o esboço da planta de piso elevado, registando a localização, dos detetores de medição e da alvenaria de granito, com maior espessura, na Figura 27.

A par desta breve caracterização do edifício devem ser consultados as fichas de caracterização dos compartimentos G1 e G2, em Anexo 15 e Anexo 16, respetivamente.

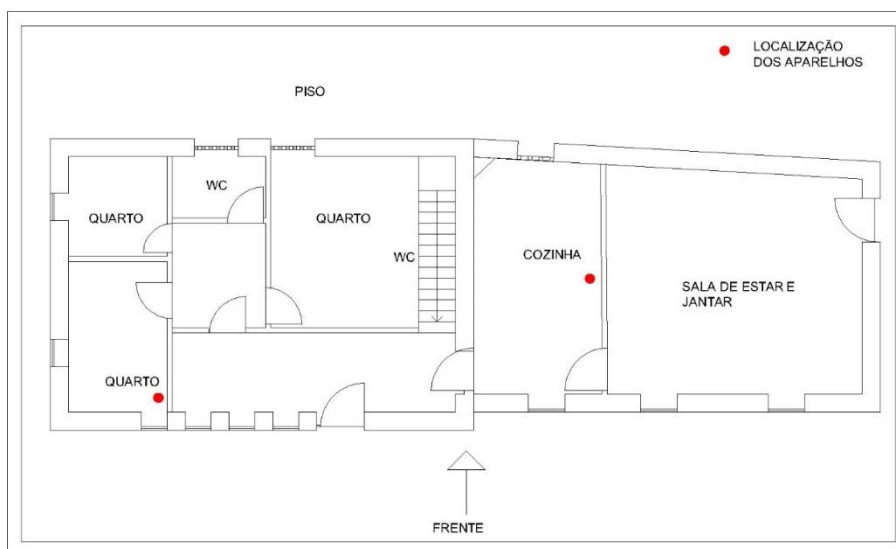


Figura 27 - Planta de Apresentação de Piso, Amostra G (sem escala)

3.3.9. Amostra H

A amostra H refere-se a uma moradia reabilitada pelo interior de dois pisos, composta por piso de rés-do-chão e piso elevado, concluída no ano de 2012, de tipologia T2, com sala de estar integrada na cozinha e uma casa de banho. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos de granito revestidas pelo interior com placas de gesso cartonado, com caixa de ar para passagem de instalações técnicas. A compartimentação interior encontra-se efetuada em divisórias leves de gesso cartonado para maximização da área habitável. Esta moradia foi encarecida com um novo corpo em tijolo com a camada de aderência (chapisco), para efeitos de lavandaria comos e pode observar em fotografia, *cf.* Figura 28 e em Planta, *cf.* Figura 29. Nestas Figuras pode ainda observar-se a alvenaria exterior de granito.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- c. Cozinha e sala de estar no piso elevado, identificado como compartimento H1;
- d. Quarto no piso elevado, identificado como compartimento H2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura dos vãos exteriores, pela chaminé desobstruída na cozinha e sala de estar. Os vãos envidraçados são

constituídos por caixilharia de madeira de abrir com vidro simples, sem portadas, estores ou grelhas de ventilação incorporadas.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 1 e 6 de novembro de 2016. Aquando da instrumentação, a moradia encontrava-se habitada por uma senhora e a sua filha, sendo arejada apenas um dia como é possível observar pelo registo de ventilação do Anexo 17. Ver ainda ficha de caracterização do compartimento H2 no Anexo 18.



Figura 28 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostras H

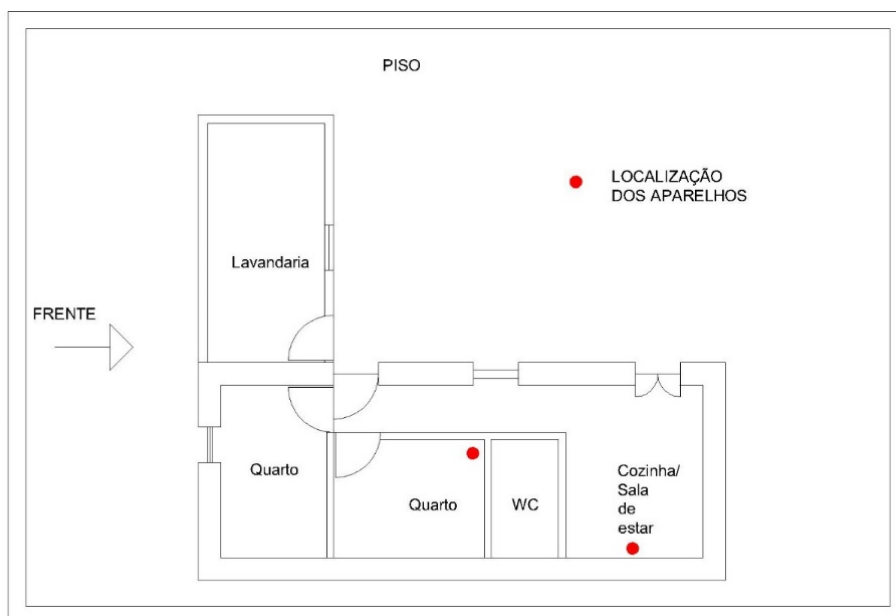


Figura 29 - Planta de Apresentação de Piso, Amostra H (sem escala)

3.3.10. Amostra I

A amostra I refere-se a uma moradia reabilitada com dois pisos, composta por piso de rés do chão e piso elevado, concluída no ano de 1992, de tipologia T3, com sala de estar, duas cozinhas e uma casa de banho. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos de granito, no rés-do-chão, e alvenaria de tijolo duplo com caixa de ar, no piso elevado. As paredes exteriores não estão revestidas no piso de rés-do-chão, e interiormente são constituídas por uma camada de base de aderência “chapisco”, no piso elevado o revestimento exterior é de elementos graníticos nos alçados principal e lateral esquerdo, sendo os restantes exteriormente revestidos com reboco texturado, *cf.* Figura 30. Pelo interior o piso elevado encontra-se rebocado. A compartimentação interior encontra-se efetuada em divisórias de tijolo.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- e. Cozinha no piso de rés-do-chão, identificado como compartimento I1;
- f. Quarto no piso elevado, identificado como compartimento I2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura de vãos exteriores, sendo os vãos envidraçados do rés-do-chão em caixilharia de chapa galvanizada e vidro simples de abrir e no primeiro piso constituídos em caixilharia de madeira com vidro simples, ambos com estores pelo exterior sem grelhas de ventilação incorporadas.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 15 e 20 de novembro de 2016. Aquando da instrumentação a moradia encontrava-se habitada por m casal e filha. Sendo os compartimentos com características de arejamento distintas como se pode observar pelo registo de ventilação inserido no Anexo 19 e Anexo 20, onde se apresentam as fichas de caracterização dos compartimentos I1 e I2, respetivamente.

Através do levantamento efetuado foi possível representar o esboço da planta de rés-do-chão e de piso elevado, onde se verifica a presença de alvenaria de granito dada a sua espessura, na planta de piso inferior, *cf.* Figura 31.



Figura 30 – Moradia Unifamiliar em Palme, Amostra I

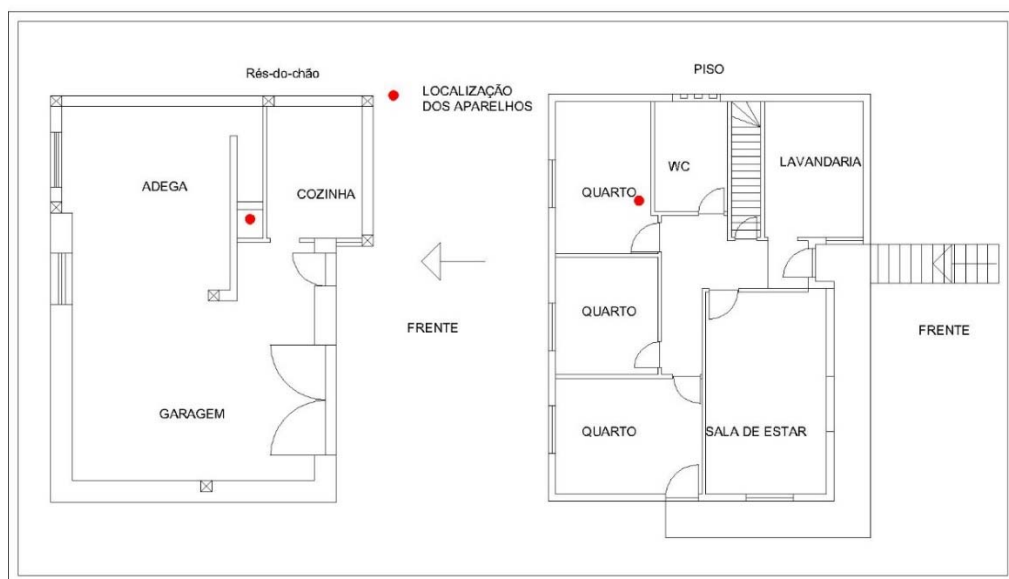


Figura 31 - Planta de Apresentação dos pisos, Amostra I (sem escala)

3.3.11. Amostra J

A amostra J refere-se a uma moradia reabilitada com três pisos, composta por piso de rés-de-chão, piso elevado 1 e piso elevado 2, de tipologia T5, com duas salas-de-estar, cozinha e três casas de banho. A moradia é constituída por paredes exteriores de fachada compostas por elementos de granito, na sua totalidade, sem

revestimento, *cf.* Figura 32, sendo revestida no seu interior por reboco, ainda é visível o elemento granito em soleiras, padieiras e ombrieras de vãos envidraçados e numa parede divisória da cozinha. A compartimentação interior encontra-se efetuada em alvenaria de tijolo rebocado de ambas as faces e pintado.

Os compartimentos instrumentados foram os seguintes:

- g. Cozinha no piso de rés-de-chão, identificado como compartimento J1;
- h. Quarto do piso elevado 1, identificado como compartimento J2.

A ventilação da habitação é assegurada pela abertura de vãos exteriores, sendo os vãos envidraçados constituídos por caixilharia de alumínio de abrir e oscilo batente com vidro duplo, com estores exteriores e sem grelhas de ventilação incorporadas.

De referir que a moradia foi instrumentada entre os dias 21 e 26 de novembro de 2016. Aquando da instrumentação a moradia não estava a ser habitada, sendo apenas arejada com fins de manutenção.

O levantamento efetuado permitiu a representação de um esboço das plantas de piso em instrumentação, sendo nestas localizados os detetores de medição e radão e as alvenarias graníticas, dada a sua espessura, *cf.* Figura 33.

As fichas de caracterização dos compartimentos I1 e I2 podem ser consultadas no Anexo 21 e Anexo 22, respetivamente.



Figura 32 – Moradia Unifamiliar em Fragoso, Amostra J

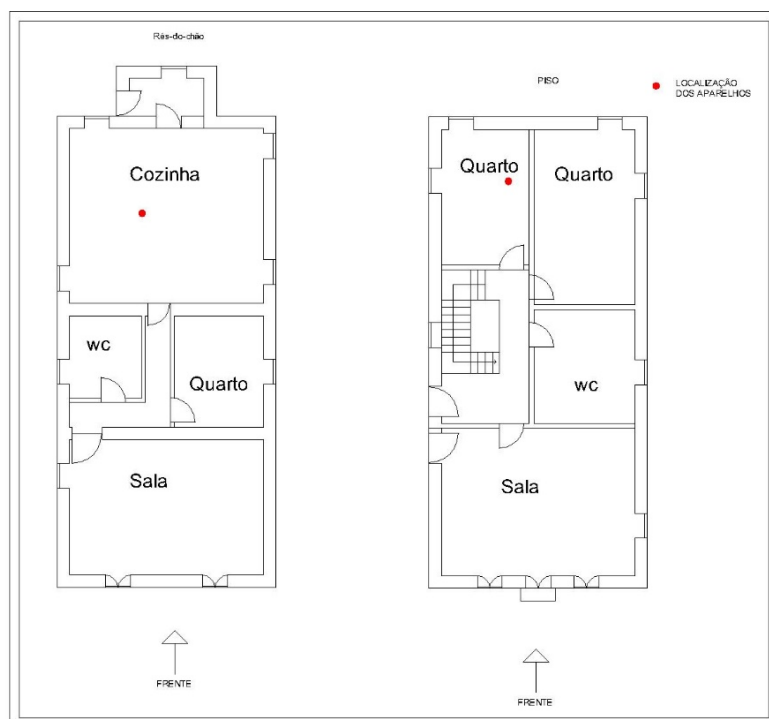


Figura 33 - Planta dos pisos instrumentados, Amostras J (sem escala)

3.4. Soluções Construtivas versus Concentração de Radão

Na análise dos materiais de construção utilizados encontraram-se algumas dificuldades nomeadamente junto dos moradores que não sabiam definir que tipo de materiais teriam sido empregues. Por outro lado, conseguiu-se contactar entidades executantes de algumas das habitações instrumentadas, das quais foi registado os materiais empregues.

Desta forma e o mais próximo da realidade reuniram-se os materiais de construção utilizados na tabela em Anexo 2, que permitiu sintetizar a presença de granito e outros materiais construtivos.

De forma a contextualizar os materiais de construção empregues na construção das subamostras, construiu-se um gráfico com a percentagem respetiva à sua utilização, cf. Gráfico 1.



Gráfico 1 - Visualização do granito nas fachadas envolventes dos compartimentos instrumentados

Através da análise do Gráfico 1, é possível representar sobre forma percentual que cerca de 60% das subamostras instrumentadas, apresentam granito à vista pelo exterior e oculto pelo interior. Sendo que no mesmo universo 15% apresentam granito à vista tanto pelo interior como pelo exterior, e 15% são característicos da ausência do granito na sua envolvente. Como valores menos significativos, mas não menos importantes, 5% correspondem à ocultação do granito de ambas as faces e outros 5% correspondem à sua visibilidade pelo interior e ocultação pelo exterior.

É importante referir que os materiais de construção são importantes para as conclusões sobre a concentração do gás radão, entre outros fatores como a ventilação e as características higrotérmicas.

3.5. Metodologia dos Ensaio

De acordo com (Soares, 2011) o radão é radiativo e por ser uma radiação ionizante, não se pode medir diretamente. Os resultados são assim produzidos através da interação da radiação com o meio sensível, que por consequência só é possível com a utilização de aparelhos específicos, efetuando estes o registo da concentração do gás radão.

De acordo com os seus procedimentos de medição, existem atualmente dois princípios de medição da concentração do gás radão, detecção ativa e detecção passiva.

- A. A detecção ativa consiste na medição instantânea da concentração do gás radão, em curtos intervalos de tempo.
- B. A detecção passiva consiste na medição durante períodos de tempo mais extensos, tomado como orientador deste estudo, durante períodos de tempo, na ordem dos dias, de acordo com o tipo de detetor (Soares, 2011).

Com a crescente necessidade de controlar a QAI, foi elaborada uma nota técnica, a NT-SCE-02 (ADENE, 2009), a qual auxilia a execução de auditorias por peritos qualificados. Esta nota técnica visa a melhoria da QAI, estabelecendo concentrações máximas dos poluentes, apresentados no Anexo II da NT-SCE-02, onde se regista um valor de referência de concentração para o gás radão de 400 Bq/m³.

Como já mencionado no subcapítulo 2.3 da presente Dissertação o referencial regulamentar está descrito na Portaria n.º 353-A/2013, onde é estabelecido o mesmo valor como limiar de proteção definido na NT-SCE-02, de 400 Bq/m³.

De forma a obter resultados com menor margem de erro associado foram utilizados equipamentos de detecção passivos. Equipamentos este pertencentes à *Canary Pro Series*, com certificado de calibração efetuado a 9 de março de 2016. Este equipamento apresenta uma margem de erro que varia com o número de dias de medição, bem como com a quantificação das concentrações, *cf.* Tabela 1.

O *Canary Pro* é um detetor em tempo real com monitor digital (*cf.* Figura 34), concebido para ambientes internos, com possibilidade de extração de dados para o computador, através do auxílio do software *Canary Report & Analyze* (CRA), permitindo a análise e visualização dos resultados da medição.

Este equipamento deteta radiações alfa e entre outros parâmetros, regista a concentração do gás radão, a humidade relativa e a temperatura ambiente, tomados como relevantes na análise dos resultados.

No manual de utilização do detetor *Canary Pro* (Corentium AS., 2015), é possível observar entre outros a incerteza e a precisão das medições associadas ao dispositivo, *cf.* Tabela 1.

Tabela 1 - Incerteza de medição, detetores Canary Pro Series

Incerteza das medições na concentração de radão	
7 dias	<12% entre valores de 50 – 350 Bq/m ³
	<8% valores superiores a 350 Bq/m ³
1 mês	<9% entre valores de 90 - 220 Bq/m ³
	<6% valores superiores a 220 Bq/m ³
Precisão na medição de temperatura	
+/-0.5°C (Típico)	
+/-1 ° C (Máximo)	
Precisão na medição de humidade relativa	
+/-4.5 % (no alcance 20-80 %RH)	

Pela análise da Tabela 1 e do manual de utilização do equipamento (Corentium AS., 2015), a incerteza na medição da concentração do gás radão está registada à unidade de Bq/m³, por sua vez a precisão na medição de temperatura e humidade relativa apresenta uma casa decimal. Assim sendo nos casos de estudo apresentados serão apresentados os valores com uma casa decimal.

Nos casos de estudo efetuados foram utilizados dois detetores *Canary Pro*, cf. Figura 34, sendo cada um, utilizado em duas frações da moradia instrumentada.

A colocação dos detetores deteve-se perante os seguintes critérios:

1. Os aparelhos não devem estar diretamente expostos a radiações solares;
2. Não devem ser colocados junto de fontes de calor, ou fontes de ventilação;
3. Devem ser colocados a uma altura compreendida entre um e dois metros;
4. Preferencialmente serão colocados nas divisões de maior uso.



Figura 34 - Detetor Portátil Canary Pro Series

Os aparelhos foram colocados nas moradias de acordo com os critérios mencionados, tal como se pode observar pela análise da Figura 35 e da Figura 36.



Figura 35 - Exemplo da colocação do detetor na fração Sala de Estar, Subamostra D1

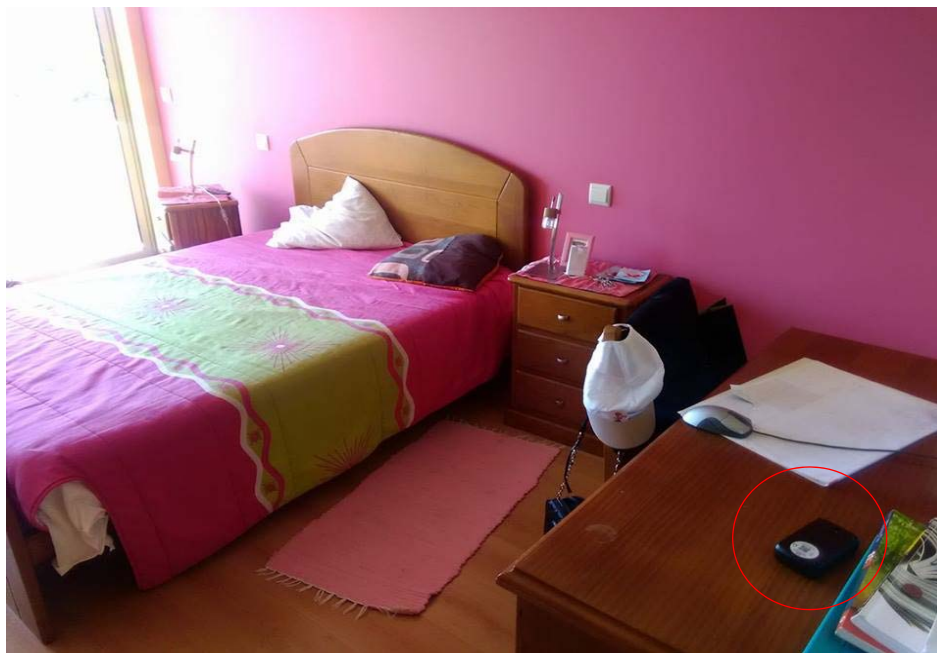


Figura 36 - Exemplo da colocação de detetor na fração quarto, Subamostra B2

O período de medição variou entre os quatro e os sete dias, com uma pausa entre a amostra C e D, de aproximadamente de um mês, que decorreu entre 22 de agosto e 26 de novembro de 2016. A par da instrumentação foram registados aproximadamente os períodos de ventilação.

3.6. Síntese de Conclusões

A inspeção visual e levantamento dos materiais de construção tal como os meios existentes de ventilação são importantes para a correta análise de resultados e para a melhor implementação de medidas mitigadoras a implementar.

As moradias unifamiliares que foram instrumentadas estão subjacentes a solos de afloramentos graníticos, tal como se pode observar na Figura 10 e na Figura 11. Estas moradias são ainda constituídas por granito como material de construção, em alvenarias exteriores ou interiores, revestidos e à vista, *cf.* Gráfico 1.

As dez amostras utilizadas como estudo, são na sua maioria reabilitações de antigas habitações das quais três encontram-se desocupadas (amostras A, E e J) e todas as outras (amostras B, C, D, F, G, H e I) encontram-se ocupadas. A predominância do conjunto de amostras é encontrar granito à vista pelo exterior.

Os compartimentos escolhidos para medição da concentração do gás radão, na sua maioria foram um quarto e uma cozinha ou sala de estar de cada amostra, permitindo analisar o desempenho dos compartimentos com maior período de ocupação humana.

Em cinco dos compartimentos instrumentados é presente a existência de uma chaminé desobstruída (de fogão de sala ou lareira) que permite as trocas de ar interior/exterior diariamente, nomeadamente nos compartimentos B1, D1, E1, H1 e I1.

Na maior parte das amostras as caixilharias são em alumínio sendo estas mais estanques à circulação de ar em comparação às de madeira.

A colocação dos aparelhos deve ser criteriosa nomeadamente, evitando a exposição às radiações solares, evitar aproximações de fontes de calor ou ventilação, e ainda devem ser colocados a uma altura compreendida entre 1 e os 2 metros de altura, instrumentando as frações de maior utilização por parte dos moradores.

CAPÍTULO IV. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. Introdução

No presente Capítulo IV serão apresentados os resultados obtidos através dos registos efetuados pelos detetores pertencentes à *Cannary Pro Series* (cf. Figura 34). A demonstração dos resultados consiste, na representação de gráficos temporais, onde se evidenciam as variações de concentrações de gás radão, temperatura e humidade relativa, e na apresentação de uma tabela com dados estatísticos de forma a retirar conclusões das respetivas amostras e compartimentos.

Os gráficos visam a melhor interpretação dos resultados ao longo do tempo em função das variações das concentrações dos parâmetros em cima mencionados, bem como os períodos de ventilação (a linha tracejada na vertical). Adicionalmente cada gráfico contém os seguintes parâmetros estatísticos, valores máximo e mínimo, a média e o desvio padrão.

As tabelas apresentam valores estatísticos como o máximo, mínimo, média, desvio padrão, os percentis de 90, 75 e 20 e ainda o volume aproximado da fração instrumentada. Desta forma poderão ser interpretados os valores e comparados com o valor limiar de proteção nacional, fixado nos 400 Bq/m³ (República, 2013).

4.2. Resultados das amostras

As amostras são compostas por dez moradias, pertencentes ao concelho de Barcelos, oito das quais na freguesia de Palme e duas na freguesia de Fragoso, identificadas de A a J, sendo que em cada uma foram instrumentadas duas subamostras, designadas com numeral 1 e 2 para cada amostra. (cf. Tabela 4).

4.2.1. Amostra A

A amostra A é referente a uma moradia de tipologia T3 situada na freguesia de Palme, com rés-do-chão e piso elevado (cf. Figura 14). Esta amostra divide-se na subamostra A1, que se trata da fração sala de estar com cozinha, situadas no piso

de rés do chão, e na subamostra A2, fração quarto do piso elevado. De notar que a moradia não se encontrava habitada aquando da aquisição dos dados, obtidos no período entre 22 e 28 de agosto de 2016.

O Gráfico 2 apresenta os resultados da subamostra A1, onde estão registadas as variações de concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa, bem como apresenta 4 períodos de ventilação, efetuados durante o processo de aquisição dos dados.

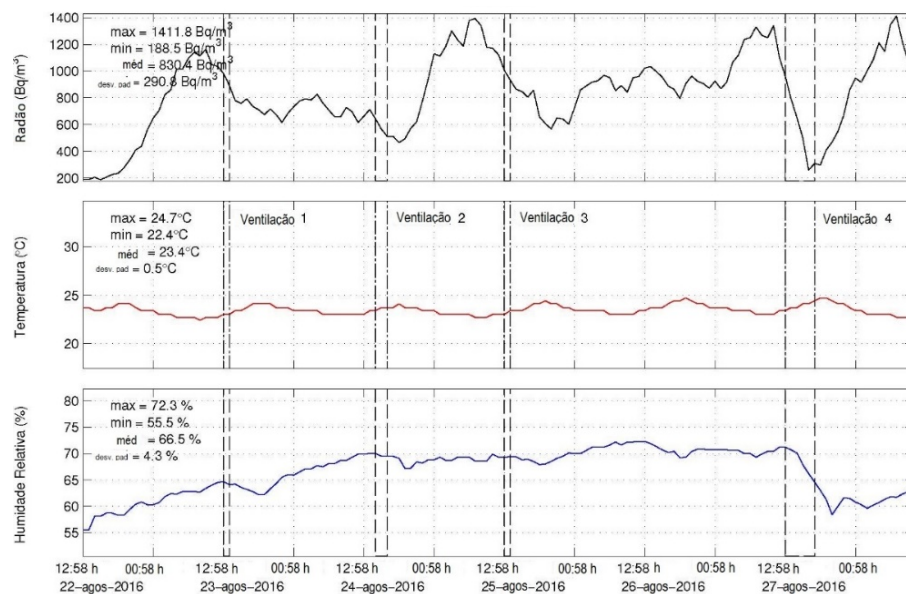


Gráfico 2- Resultados da subamostra A1, Sala de Estar/Cozinha

Analisando o Gráfico 2 pode observar-se que os picos máximos de radão se encontram em grande parte nos períodos entre as 00:58h e as 12:58h, estes picos registam-se apor volta das 8:00h da manhã. Uma vez que a moradia não é ocupada, esta ação pode estar associada a variações de parâmetros higrotérmicos tais como, a descida de temperatura ao longo da noite e o aumento da humidade relativa, registado em alguns casos. Por outro lado, os registos da concentração do gás radão foram mais baixos em períodos entre as 15:00h e as 16:00h, reforçando a hipótese, neste caso que a temperatura aumentou e a humidade relativa desceu, notando que esta relação não é estanque *cf.* Gráfico 2.

Tabela 2 - Resultados subamostra A1, Sala de Estar/Cozinha

Subamostra A1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	1411,8	188,5	830,4	290,8	1207,1	1020,2	616,2	105,2
Temperatura (°C)	24,7	22,4	23,4	0,5	24,1	23,7	23,0	
Humidade Relativa (%)	72,3	55,5	66,5	4,3	70,8	70,0	62,2	

Da análise da Tabela 2 observa-se uma média da concentração do gás radão de 830 Bq/m³, valor este que oscilou entre os 189 Bq/m³ e os 1412 Bq/m³. É possível verificar ainda que 20% dos valores de concentração de gás radão encontram-se abaixo dos 616 Bq/m³, assim sendo 80% dos valores obtidos são superiores a este, valor este já superior ao do limiar proteção (400 Bq/m³). Estes valores podem estar associados ao facto de não ser habitada, mas por se tratar de um piso térreo e com valores acima de 1000 Bq/m³, em aproximadamente 25% do tempo de registo, é provável que aquando a moradia seja habitada encontre valores acima do limiar de proteção.

A temperatura oscila entre os 22.4°C e os 24.7°C, registados por volta das 09:00 horas do dia 23 de agosto e por volta das 20:00 horas do dia 26 de agosto de 2016, respetivamente, apresentando um valor médio de 23.4°C. A temperatura oscilou pouco justificado pela análise da Tabela 2 onde desvio padrão é de 0.5.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 66,5 % valores entre os 55.5% e os 72.3% atingidos entre as 13:00 e as 14:00 horas do dia 22 de agosto de 2016 e entre as 12 e 13h do dia 26 de agosto, respetivamente. Este parâmetro apresenta uma variação considerável uma vez que atingimos valores de aproximadamente 20% de diferença, e onde o desvio padrão encontra o valor de 4.3, cf. Tabela 2.

Na subamostra (A1) é possível identificar que nos períodos de ventilação a temperatura aumenta ligeiramente e a humidade relativa e a concentração de gás radão diminuem significativamente. Pressupondo que o ar interior apresenta uma temperatura mais baixa e que a humidade e a concentração de gás radão apresentam valores superiores, quando comparados com o exterior. Uma vez que a moradia não é ocupada os períodos de ventilação devem-se ao facto de se arejar e limpar a moradia.

A subamostra A2 representa a instrumentação da fração quarto da moradia em estudo. Esta fração não tem paredes interiores ou exteriores em alvenaria granítica na sua envolvente, sendo afetada pela livre circulação do ar interior entre frações e pisos, o que permite pressupor que as concentrações de gás radão existentes nesta, sejam fruto da propagação do mesmo por parte do piso inferior. As ventilações registadas resultam da manutenção da moradia, tal como referido anteriormente, cf. Gráfico 3.

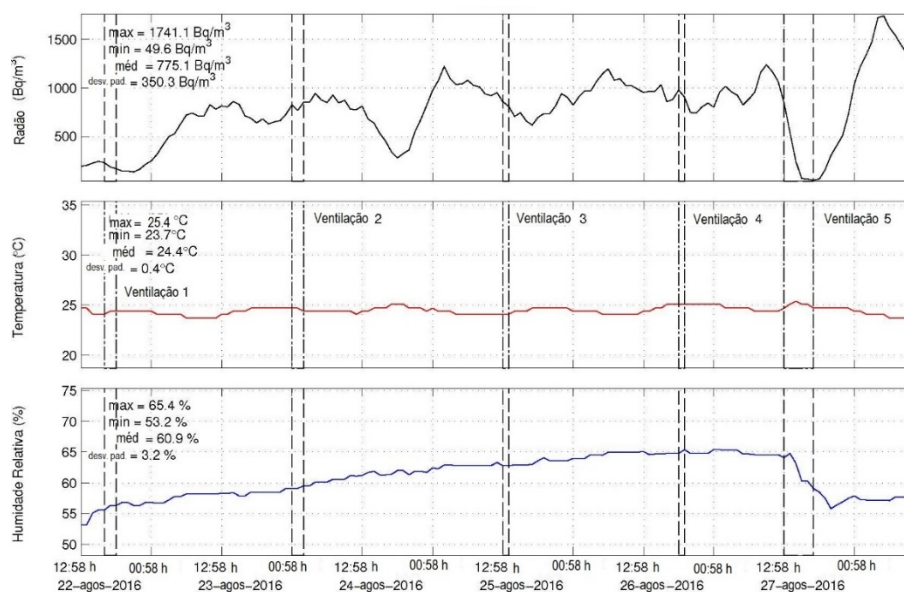


Gráfico 3 - Resultados subamostra A2, Quarto

Analisando o Gráfico 3 e comparando com o Gráfico 2, pode-se observar os picos da concentração do gás radão ocorrerem aproximadamente nos mesmos períodos de tempo, podendo assim associar-se a fácil propagação da concentração do gás radão no edifício. Observa-se ainda que o ultimo período de ventilação, talvez por ser o mais longo ou por se ter aberto mais que um vão exterior, resultou no decaimento acentuado da concentração do gás radão e da humidade relativa e por sua vez aumentou a temperatura interior da fração.

Tabela 3- Resultados subamostra A2, Quarto

Subamostra A2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	1741,1	49,6	775,1	350,3	1147,1	969,9	502,8	26,0
Temperatura (°C)	25,4	23,7	24,4	0,4	25,1	24,7	24,1	
Humidade Relativa (%)	65,4	53,2	60,9	3,2	64,8	64,1	57,7	

Da análise da Tabela 3 observa-se um valor médio da concentração de gás radão de 775 Bq/m³, tendo variado entre os 49.5 Bq/m³ e os 1741 Bq/m³, por volta das 18:00 horas do dia 27 de agosto e por volta das 06:00 horas do dia 28 de agosto de 2016, respetivamente, e verificando a aproximação dos períodos de concentração máxima e mínima com a subamostra A1. Através da análise do P20 é possível afirmar que 80% dos valores obtidos encontram-se acima do valor aproximado de 500 Bq/m³, valores preocupantes quando comparados com o valor limiar imposto pela legislação atual (400 Bq/m³).

A temperatura interior apresenta um valor médio de 24°C, com uma variação residual inferior a 2 °C.

A humidade relativa encontra o valor médio de 61%, oscilando entre os 53% e os 65%, por volta das 13:00 e 14:00 horas do dia 22 de agosto e entre a 01:00 e as 02:00 horas do dia 27 de agosto de 2016, respetivamente.

Com a ação da ventilação propiciou-se o aumento de temperatura, dada a estação do ano, o Verão, e permitiu a diminuição da concentração do gás radão e da humidade relativa, pressupondo que o ar exterior se encontra a uma temperatura superior e que a humidade relativa seja inferior quando comparado com no interior da habitação.

Apesar de não se encontrar envolvida por alvenaria granítica a subamostra A2 em aproximação da subamostra A1 apresenta valores superiores ao limiar de proteção vigente da concentração do gás radão em 80% do tempo de instrumentação, cf. Tabela 2 e 3. Tal pode estar associado à desocupação da moradia o que permite a ascensão do ar para o primeiro piso, onde se encontram abertos constantemente os vãos interiores, ficando a concentração do gás radão aí armazenada.

Os volumes aproximados de circulação de ar ainda que bastante distintos não podem tecer comentários de comparação dadas as características distintas em que se apresentam as frações em cima mencionadas.

As possíveis causas da concentração do gás radão atingir valores mais elevados que o limiar de proteção poderão estar associados a:

- Fração instrumentada localizar-se ao nível do solo;
- Construção em alvenaria granítica;

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO GÁS RADÃO EM MORADIAS GRANÍTICAS

- A caixilharia existente ser em vidro duplo, sem qualquer dispositivo de trocas de ar interior/exterior;
- A existência de um exaustor, nunca ligado aquando das instrumentações;
- A moradia estar desocupada aquando as instrumentações, reduzindo o número de interações com o meio exterior.

Como possíveis medidas de mitigação de forma a reduzir as concentrações de gás radão, devem ser promovidas as aberturas de vãos exteriores durante maior período de tempo, e caso o excesso de concentração de gás radão persista, considerar a instalação de um sistema de ventilação mecânica.

4.2.2. Amostra B

A amostra B é referente a uma moradia de tipologia T4 situada na freguesia de Palme, com rés-do-chão e piso elevado (*cf.* Figura 16). Esta amostra divide-se na subamostra B1, que se trata da fração sala de estar a par da cozinha, que se encontra separado por um vão sem qualquer obstrução (*cf.* Figura 17), e na subamostra B2, ambas situadas no piso elevado.

Aquando a aquisição de dados, obtidos no período entre o dia 29 de agosto e o 8 de setembro de 2016, a moradia encontrava-se ocupada por um casal com duas filhas.

A subamostra B1, é completamente envolvida por alvenaria granítica de face à vista pelo interior e exterior, conforme se pode verificar na ficha de caracterização da fração no Anexo 5.

De notar que não é conhecida a existência de algum tratamento da pedra pela face interior que permita inferir qualquer comparação com os valores registados.

O Gráfico 4 apresenta os resultados da subamostra B1, onde estão registadas, a concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa, bem como apresentados 5 períodos de ventilação, registados durante a abertura de vãos em períodos compreendidos de 1 hora ou mais, durante o processo de aquisição de dados.

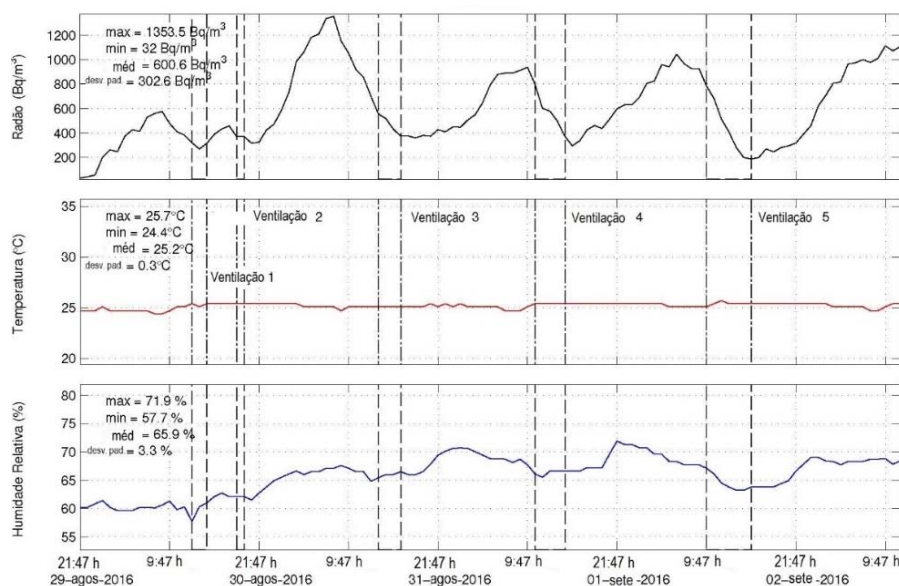


Gráfico 4 - Resultado da subamostra B1, Sala de Estar

Pela análise do Gráfico 4 pode-se observar que os picos máximos de concentração de gás radão encontram-se nos períodos próximos das 9:00h. por se tratar de uma moradia habitada estes picos podem estar associados ao facto de ser o período de descanso em que não existe qualquer abertura com o exterior. Por outro lado, os picos mínimos da concentração de gás radão estão registados no período entre as 9:00h e as 22:00h, e associados a períodos de ventilação. Comparando as linhas temporais da concentração de gás radão e da humidade relativa, observa-se uma aproximação da concordância de ambas, estas variações podem estar associadas ao facto da chaminé efetuar trocas de ar sem qualquer obstáculo, ao longo da aquisição dos dados.

Tabela 4 - Resultados da subamostra B1, Sala de Estar

Subamostra B1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	1353,5	32,0	600,6	302,6	1009,8	867,1	360,8	250,8
Temperatura (°C)	25,7	24,4	25,2	0,3	25,4	25,4	25,1	
Humidade Relativa (%)	71,9	57,7	65,9	3,3	69,6	68,3	62,1	

O valor de concentração apresenta um valor médio de 601 Bq/m³ que oscilou entre os 32 Bq/m³ e os 1354 Bq/m³, por volta das 22:00 horas do dia 29 de agosto e por volta das 08:00 horas do dia 31 de agosto de 2016, respetivamente.

Pela análise do P20, na Tabela 4, pode-se inferir que 80% dos resultados obtidos encontra-se acima do valor 361 Bq/m^3 , valor este muito próximo do limiar de proteção, 400 Bq/m^3 .

A temperatura interior apresentou um valor médio de 25°C , que oscilou entre os 24°C registados em distintas horas durante as medições e os 26°C por volta das 22:00 horas do dia 2 de setembro de 2016.

A humidade relativa variou entre os 58% por volta das 13:00 horas do dia 30 de agosto e os 72% por volta das 22:00 horas do dia 1 de setembro, e apresenta um valor médio de 66 %.

O registo de ventilação provocou uma flutuação decrescente ligeira ($<9\%$) das concentrações do gás radão e da humidade relativa e um aumento residual ($<2^\circ\text{C}$) da temperatura. É de notar que a sala de estar é constituída por um fogão de sala que não encontra obstrução ao nível da chaminé, permitindo a livre circulação do ar.

A subamostra B2 representa a instrumentação da fração quarto do piso elevado e encontra-se no edifício ampliado da moradia, mais próxima da fração envolvida pela pedra granítica (sala), cf. *Figura 17*.

Pela observação do Gráfico 5, registou-se 3 ventilações aquando a aquisição de dados.

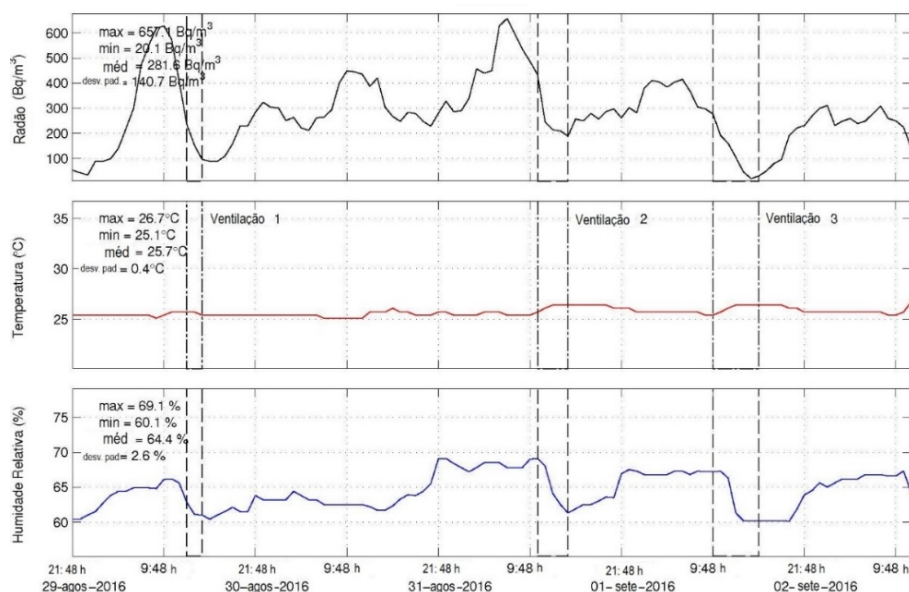


Gráfico 5 - Resultados da subamostra B2, Quarto

O Gráfico 5 apresenta valores máximos de concentração de gás radão, também eles próximos das 9:00h, à semelhança da subamostra B1, esta relação pode estar associada à sua livre propagação nos compartimentos em estudo.

O facto das características desta subamostra não apresentarem, à partida, componentes que facilitem o surgimento do gás radão, a sua propagação por parte fração complementar, influencia a que esta obtenha valores acima dos 350 Bq/m³, cf. Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados da subamostra B2, Quarto

Subamostra B2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m ³)
Concentração Radão (Bq/m ³)	657,1	20,1	281,6	140,7	449,4	353,7	189,1	40,5
Temperatura (°C)	26,7	25,1	25,1	0,4	26,4	25,7	25,4	
Humidade Relativa (%)	69,1	60,1	64,4	2,6	67,8	66,8	61,8	

Pela análise do Gráfico 5 e da Tabela 5, registou-se um valor médio da concentração do gás radão de 282 Bq/m³, que oscilou entre os 20 Bq/m³ por volta das 15:00 horas do dia 2 de setembro, e o máximo de 657 Bq/m³ por volta das 07:00 horas do dia 1 de setembro de 2016. Cerca de 10% dos resultados obtidos encontram-se acima do limiar de proteção.

A temperatura interior apresenta um valor médio de 25°C que oscilou entre os 25°C registado por volta das 09:00 horas do dia 30 de agosto, e os 27°C por volta das 12:00 horas do dia 3 de setembro de 2016.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 64% que oscilou entre os 60% e os 69% por volta das 20:00 horas do dia 2 de setembro e por volta das 11:00 horas do dia 1 de setembro de 2016, respetivamente.

O registo de ventilação provocou um decréscimo da concentração de radão e da humidade relativa, aumentando residualmente a temperatura da fração. Dada a estação na qual decorreu a instrumentação, o Verão, e tendo em conta os registos pode-se inferir que a temperatura exterior é muito próxima da temperatura interior e que a humidade relativa é superior no interior da moradia.

Apesar da subamostra B2 se localizar num compartimento de construção nova (complementar ao edifício granítico existente), pela análise do percentil 90 da

Tabela 8, observa-se que 10% das medições apresentam concentrações de gás radão acima do limiar de proteção, o que permite inferir que a propagação do ar entre os compartimentos é consideravelmente facilitada, podendo esta efetuar-se pelo vão interior (porta) ou pela alvenaria em tijolo que separa os compartimentos instrumentados.

O registo das elevadas concentrações de gás radão poderá ser justificado pelos seguintes fatores:

- Apresentação de alvenaria á vista interior e exteriormente
- A sala de estar é ampla, não apresentando vãos de separação entre a ampliação nem com a cozinha.

Como possíveis medidas de mitigação de forma a reduzir as concentrações de gás radão, deve ser promovida a abertura de vãos exteriores durante maior período de tempo, e caso o excesso de concentração persista, dever-se-á considerar a instalação de ventilação mecânica.

4.2.3. Amostra C

A amostra C é referente a uma moradia de tipologia T1 situada na freguesia de Palme, composta por piso de rés-do-chão e piso elevado, *cf.* Figura 18, sendo que o piso inferior se destina apenas a armazenamento e arrumos. A amostra C é composta pelas subamostras C1 e C2, representando a fração sala de estar e quarto, respetivamente, situadas no piso elevado.

Aquando a aquisição de dados, no período entre 3 e 8 de setembro de 2016, a moradia encontrava-se habitada por um casal.

No Gráfico 6 pode observar-se os registos das variações de concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa. Além destes parâmetros é visível ainda que a ventilação foi efetuada em longos períodos, chegando a atingir 8 horas consecutivas.

A subamostra C1 caracteriza a sala de estar que por consequência é afetada pelo nível da ventilação das restantes frações da moradia. Trata-se ainda de uma fração com grandes vãos envidraçados, cf. Figura 28.

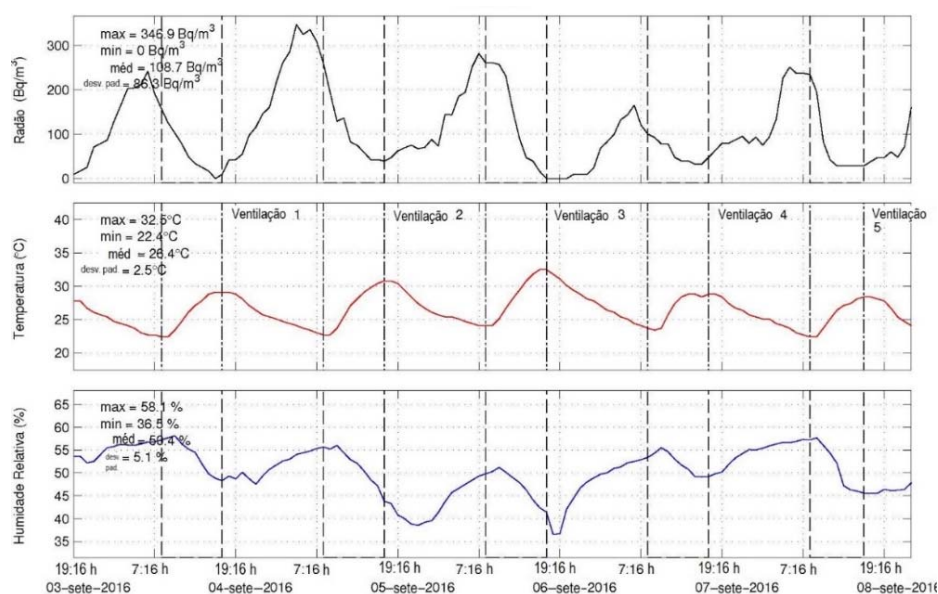


Gráfico 6 – Resultados da subamostra C1, Sala de Estar

Pela análise do Gráfico pode-se constatar que os picos máximos da concentração de gás radão ocorreram por volta das 6:00 h, e os mínimos por volta das 19:00h. O hábito em ventilar a moradia por parte dos moradores poderá influenciar nestes resultados, uma vez que os máximos são atingidos um pouco antes da próxima ventilação, e os mínimos resultam do fim da abertura dos vãos.

A Tabela 6 apresenta os resultados estatísticos obtidos da aquisição de dados.

Tabela 6 - Resultados da subamostra C1, Sala de Estar

Subamostra C1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	346,9	0,0	108,7	86,3	247,2	160,4	39,1	94,2
Temperatura (°C)	32,5	22,4	26,4	2,5	29,4	28,4	24,1	
Humidade Relativa (%)	58,1	36,5	50,4	5,1	56,3	54,6	46,3	

Através da análise do Gráfico 6 e da Tabela 6 observa-se uma média da concentração de gás radão de 109 Bq/m³, valor este que variou entre os 0 e os 347

Bq/m³. À luz da legislação portuguesa esta fração não apresenta qualquer problema para os ocupantes, mas em comparação com a norma estabelecida pela Alemanha, em que o limiar de proteção é de 100 Bq/m³, esta fração seria alvo de implementação de medidas de mitigação.

A temperatura interior apresenta uma média de 26°C que variou aproximadamente entre os 23°C por volta das 08:00 horas do dia 8 de setembro de 2016, e os 32.5 °C entre as 16:00 e as 17:00 horas. Apresentando picos máximos de temperatura entre as 09:00 e as 14:00 horas. Valores estes influenciados pela exposição solar dada a grande quantidade de vãos envidraçados nesta fração. A ação da ventilação influencia o aumento da temperatura, o que permite deduzir que a temperatura exterior é superior à temperatura interior.

A humidade relativa encontra o valor médio de 50 %, oscilando entre os 37 % e 58%, atingidos por volta das 18:00 horas e 10:00 horas, respetivamente.

Face aos resultados obtidos e de acordo com o limiar de proteção aplicável em Portugal, esta moradia não encontra problemas do excesso da concentração de gás radão, sendo que um dos principais motivos possa dever-se aos períodos de ventilação extensos, devendo estes continuar a ser efetuados.

A subamostra C2 representa a fração quarto no piso elevado, da habitação em estudo. Esta fração encontra alvenaria de granito à vista pelo exterior e rebocada pelo interior. Os períodos de ventilação registados são iguais aos da amostra A1, pelo que se verificam os extensos 5 períodos de abertura de vãos, *cf.* Gráfico 7.

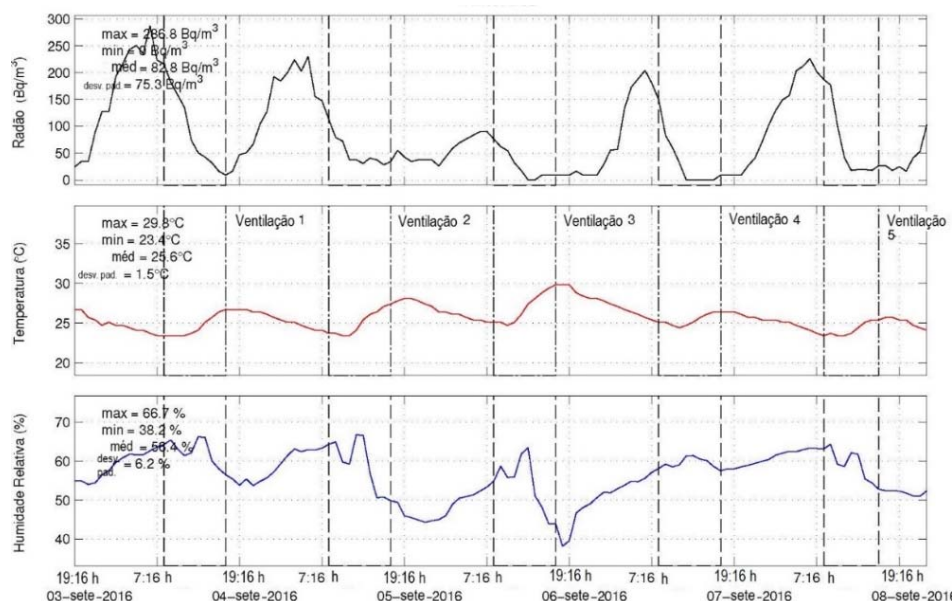


Gráfico 7 - Resultados da subamostra C2, Quarto

Analisando o Gráfico 7 pode observar-se a ocorrência dos picos máximos de concentração de gás radão por volta das 06:00 horas, e os mínimos por volta das 19:00 horas. Observa-se ainda uma variação irregular da humidade relativa, e o aumento da temperatura aquando a abertura dos vãos exteriores.

Tabela 7 - Resultados da subamostra C2, Sala de Estar

Subamostra C2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	286,8	0,0	82,8	75,3	203,2	135,1	17,6	30,2
Temperatura (°C)	29,8	23,4	25,6	1,5	27,8	26,4	24,3	
Humidade Relativa (%)	66,7	38,2	56,4	6,2	63,3	61,6	51,1	

Da análise da Tabela 7, observa-se que as concentrações de radão apresentam um valor médio de 83 Bq/m³ que variou entre o 0 e os 287 Bq/m³, estes valores são muito inferiores ao valor de referência (400 Bq/m³).

A temperatura interior apresenta um valor médio de 26 °C, que variou entre os 23 °C e os 29 °C.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 56 % que oscilou entre os 38 % e os 67%.

À semelhança da fração C1 os picos máximos de concentração de gás radão foram aproximadamente no mesmo período, em contrapartida a temperatura e a humidade relativa não encontra relação possível, podendo estar associada à sua localização em diferentes fachadas da moradia. Sendo que se observa na subamostra C2 aquando o período de ventilação que a temperatura e a humidade relativa diminuem e aumentam.

A amostra C2 apresenta manchas na pintura interior devidas à humidade, *cf.* Anexo 8, podendo as irregularidades da humidade relativa estar associadas à fração ser portadora de possíveis infiltrações provenientes do solo (pela pedra granítica) ou pela cobertura.

Ambas as amostras não atingem valores médios de concentração de gás radão, à luz da legislação Portuguesa e da União Europeia, passíveis de implementação de medidas de mitigação, pelo que se deve continuar a promover as ventilações efetuadas de modo a não aumentar estas concentrações.

4.2.4. Amostra D

A amostra D é referente a uma moradia de tipologia T3 situada em na freguesia de Fragoso, com um piso de rés-do-chão (*cf.* Figura 20). A moradia é construída em alvenaria granítica sendo este visível exteriormente e em grande parte no seu interior. Esta amostra é dividida nas frações, D1 que representa a sala de estar com cozinha e a D2 que representa a fração quarto.

Aquando a aquisição de dados ocorridos no período entre 2 e 7 de outubro de 2016, a moradia encontrava-se ocupada por um casal. De notar que esta moradia caracteriza a primeira instrumentação da estação outono.

A subamostra D1 encontra como revestimento interior granito à vista, sendo apenas uma pequena parte na zona da cozinha revestida com cerâmicos, *cf.* Anexo 9, esta subamostra é ainda caracterizada pela chaminé desobstruída que encontra, permitindo a livre circulação do ar.

O Gráfico 8 apresenta os resultados da subamostra D1, onde estão registadas as variações de concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa, bem

como apresenta o registo de 4 períodos de ventilação efetuados aquando a aquisição de dados.

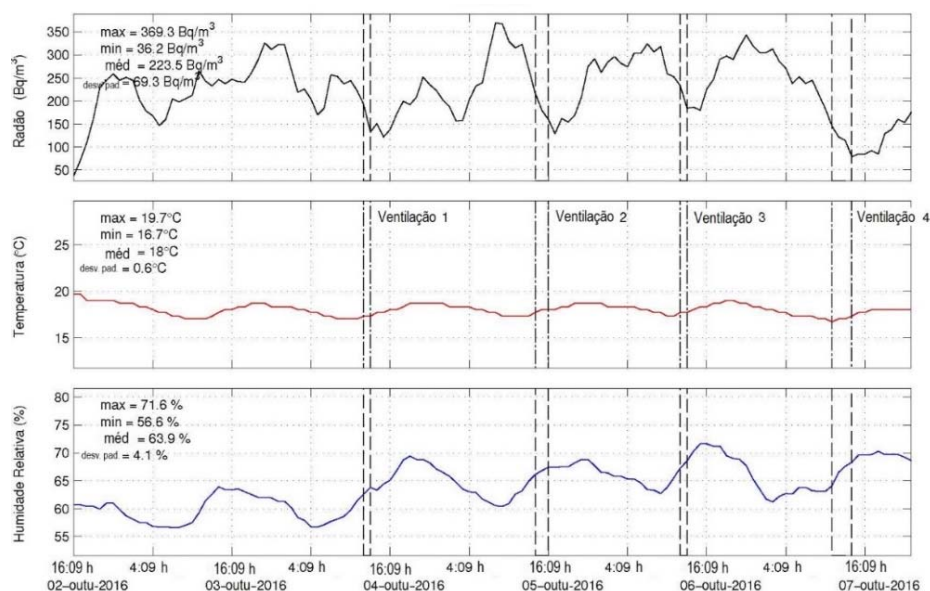


Gráfico 8 - Resultados da subamostra D1, Sala de estar com Cozinha

Pela análise do Gráfico 8 é possível verificar a variação irregular da concentração de gás radão, ao qual pode estar associado a influência da chaminé de exaustão de fumos existente. Pode ainda observar-se que os picos de concentração de gás radão estão relacionados com o decaimento da temperatura e da humidade relativa.

Tabela 8 - Resultados da subamostra D1, Sala de estar com Cozinha

Subamostra D1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	369,3	36,2	223,5	69,3	313,4	271,5	160,7	95,4
Temperatura (°C)	19,7	16,7	18,0	0,6	18,7	18,3	17,3	
Humidade Relativa (%)	71,6	56,6	63,9	4,1	69,4	67,4	60,4	

Da análise da Tabela 8 em que o valor médio da concentração de gás radão é de 223 Bq/m³ que variou entre os 36 Bq/m³ e os 369 Bq/m³, observa-se através do P90 que apenas 10% dos valores encontram-se superiores aos 300 Bq/m³. Valor este que se poderá enquadrar no potencial limiar de proteção que se venha a atualizar futuramente.

A temperatura apresenta um valor médio de 18°C que variou entre os 20°C entre as 16:00 e as 17:00 horas do dia 2 de outubro, e os 17°C por volta das 11:00 horas do dia 7 de outubro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 64% que oscilou entre os 56% e os 72%. Nesta amostra é de notar que aquando os picos máximos de humidade relativa a temperatura também aumenta.

A ventilação registada foi efetuada pela abertura da porta principal. Esta ação propiciou o aumento da concentração da humidade relativa, podendo estar associado a dias de chuva, e regista uma decrescente medição do gás radão, provocada pela renovação do ar. A temperatura aumenta ligeiramente aquando a abertura de vãos, prevendo que aquando a possível precipitação o ambiente interior encontra-se a uma temperatura inferior ao ambiente exterior.

A subamostra D2 resulta da instrumentação efetuada no quarto/suite que apesar de habitado aquando as medições, nunca fora arejado. Podendo ser resultado das suas oscilações a abertura de vãos interiores, como a porta de acesso ao corredor.

O Gráfico 9 apresenta as variações de concentração de gás radão, humidade relativa e temperatura, é visível ainda a inexistência de períodos de ventilação.

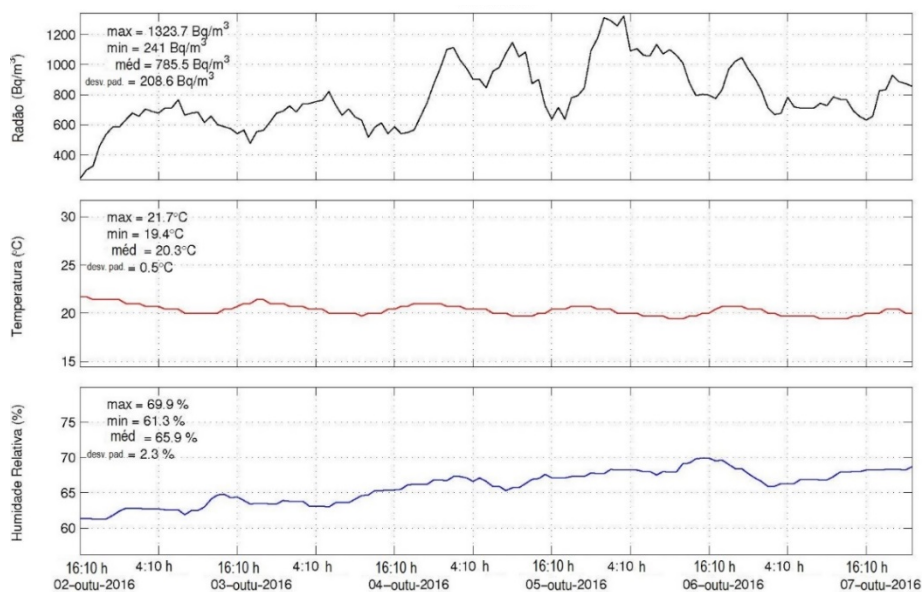


Gráfico 9 - Resultados da subamostra D2, Quarto

Pela análise do Gráfico 9 observa-se uma residual variação da temperatura e humidade relativa no decurso da aquisição de dados, e uma variação de concentração de gás radão irregular. Onde os picos máximos de concentração ocorreram em períodos por volta das 02:00 horas e das 09:00 horas e os picos mínimos ocorrem geralmente por volta das 16:00 horas.

Tabela 9 - Resultados da subamostra D2, Quarto

Subamostra D2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m ³)
Concentração Radão (Bq/m ³)	1323,7	241,0	785,5	208,6	1085,8	903,6	629,8	36,5
Temperatura (°C)	21,7	19,4	20,3	0,5	21,0	20,7	19,7	
Humidade Relativa (%)	69,9	61,3	65,9	2,3	68,3	67,8	63,4	

Da Tabela 9 observa-se que a concentração do gás radão apresenta um valor médio de 785 Bq/m³ que variou entre os 241 Bq/m³ e os 1324 Bq/m³, por volta das 16:00 horas do dia 2 de outubro e por volta das 03:00 horas do dia 6 de outubro de 2016, respetivamente. Ao analisar o P20, pode-se constatar que 80% dos valores encontram-se acima dos 630 Bq/m³, valor este, significativamente acima do limiar de proteção nacional (400 Bq/m³).

A temperatura interior apresenta um valor médio de 20°C que variou residualmente, (<2,5°C).

A humidade relativa apresenta um valor médio de 66 %, oscilando entre os 61% entre as 18:00 e as 20:00 horas do dia 2 de outubro, e os 70% entre as 15 e as 16 horas do dia 6 de outubro de 2016.

Os elevados valores de concentração de radão podem estar associados aos seguintes fatores:

- Inexistência de ventilação;
- Ser uma moradia de piso térreo;
- O parapeito das janelas ser em granito à vista pelo interior.

A subamostra C1 à luz da legislação aplicável não acarreta implicações uma vez que o valor médio é consideravelmente inferior, possivelmente justificado pela constante ventilação por parte da chaminé, por sua vez a subamostra C2 apresenta valores de concentração de gás radão muito superiores ao limiar de proteção, pelo que se deveria efetuar um período de instrumentação recorrendo à ventilação

manual, diária e prolongada, e caso o problema persista instalar um sistema de ventilação mecânica para extração da concentração de gás radão.

4.2.5. Amostra E

A amostra E é referente a uma moradia de tipologia T1, situada na freguesia de Palme, *cf.* Figura 22, com piso de cave e piso de rés-do-chão. A alvenaria exterior desta moradia é toda ela em granito á vista. Esta moradia divide-se na fração E1, que representa a cozinha e na fração E2 que representa o quarto

Aquando a aquisição de dados a moradia encontrava-se desocupada, ocorrida no período entre 9 e 14 de outubro de 2016.

A subamostra E1 trata-se da instrumentação da cozinha localizada na cave da moradia, sendo toda ela revestida por granito, desde o pavimento às paredes envolventes. Esta fração é complementada por uma chaminé desobstruída que permite a livre flutuação de ar da fração. A existência de um exaustor na fração não se torna relevante uma vez que este nunca fora utilizado. A fração é ainda caracterizada pela inexistência de vãos exteriores uma vez que se encontra na cave do edifício. Sendo a ventilação somente efetuada pela chaminé.

O Gráfico 10 representa as variações da concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa.

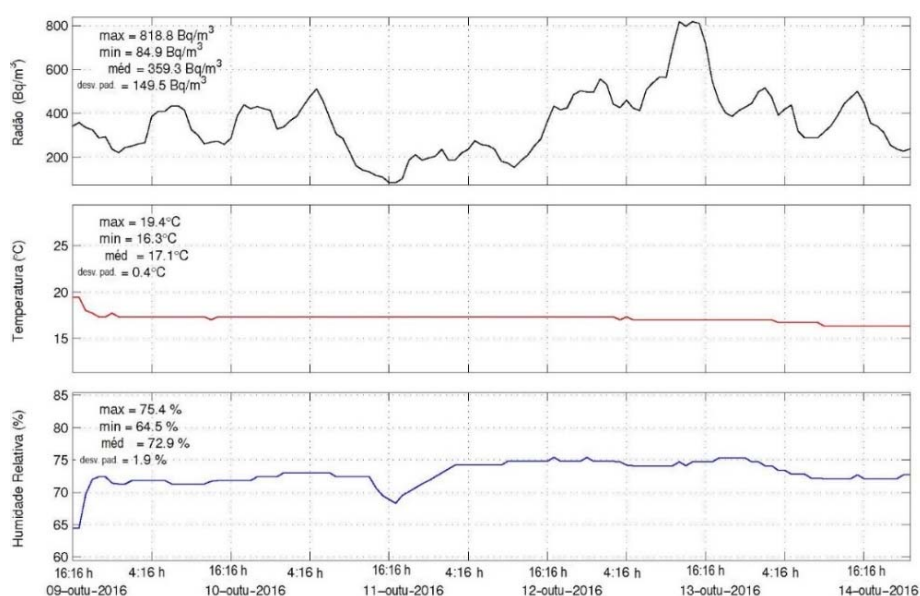


Gráfico 10 - Resultados da subamostra E1, Cozinha

Pela análise do Gráfico 10, pode observar-se a variação irregular da concentração de gás radão, sendo esta característica geralmente associada à existência de uma livre circulação do ar, neste caso, através da chaminé.

Verifica-se ainda a aproximação da constante da temperatura, que por se tratar de uma fração na cave, está relacionada a baixas temperaturas.

A humidade relativa também apresenta uma variação quase constante, exceto pelo pico mínimo verificado pelas 16:00 horas do dia 11 de outubro.

Tabela 10 - Resultados da subamostra E1, Cozinha

Subamostra E1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	818,8	84,9	359,3	149,5	513,8	438,8	236,8	52,0
Temperatura (°C)	19,4	16,3	17,1	0,4	17,3	17,3	17,0	
Humidade Relativa (%)	75,4	64,5	72,9	1,9	74,8	74,2	71,8	

Da Tabela 10 observa-se que as variações de concentração de radão registaram valores entre os 85 Bq/m³ entre as 16:00 e as 17:00 horas do dia 11 de outubro e os 818 Bq/m³ por volta das 12:00 horas do dia 13 de outubro de 2016, com um valor médio de 360 Bq/m³.

Pelo resultado obtido no P75, pode-se deduzir que cerca de 25% dos resultados obtidos apresentam valores de concentração acima do limiar de proteção, chegando este a ser excedido em 27 horas consecutivas, entre o dia 12 e o dia 13, cf. Gráfico 10.

A temperatura apresenta um valor médio de 18°C, que oscilou entre os 16°C entre as 10:00 e as 23:00 horas do dia 14 de outubro de 2016, e os 19°C entre as 16:00 e 17:00 horas do dia 9 de outubro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 68% que variou entre os 64% valores registados às 16:00 e 17:00 horas do dia 9 de outubro, e os 75% por volta das 22:00 horas do dia 12 de outubro.

O registo da flutuação da concentração do gás radão poderá ser justificado pelas seguintes causas:

- Ventilação continua efetuada pela chaminé desobstruída (único meio de ventilação), existindo ainda um exaustor que não fora utilizado aquando as medições;
- A desocupação da habitação;
- A utilização da pedra granítica desde o pavimento à alvenaria da fração;
- Inexistência de vãos exteriores envidraçados.

Uma das possíveis medidas de minimização das concentrações de gás radão passa por instalar aparelho ou sistema de ventilação mecânica, renovando o ar constantemente, uma vez que a chaminé não permite uma renovação de ar suficiente.

A subamostra E2 representa a fração quarto, situada no piso de rés do chão. Esta fração é afetada pelo granito utilizado nas fachadas exteriores que a envolvem, sendo este rebocado e pintado pelo seu interior e à vista pelo exterior. De notar que esta fração não tem contacto com o pavimento térreo.

O Gráfico 11 apresenta entre as variações de concentração gás radão, humidade relativa e temperatura, os registos de ventilação. Sendo estes irregulares uma vez que a moradia não é ocupada, o primeiro registo de ventilação foi consecutivo durante aproximadamente três dias, tendo sido deixado o vão exterior aberto, *cf.* Gráfico 11.

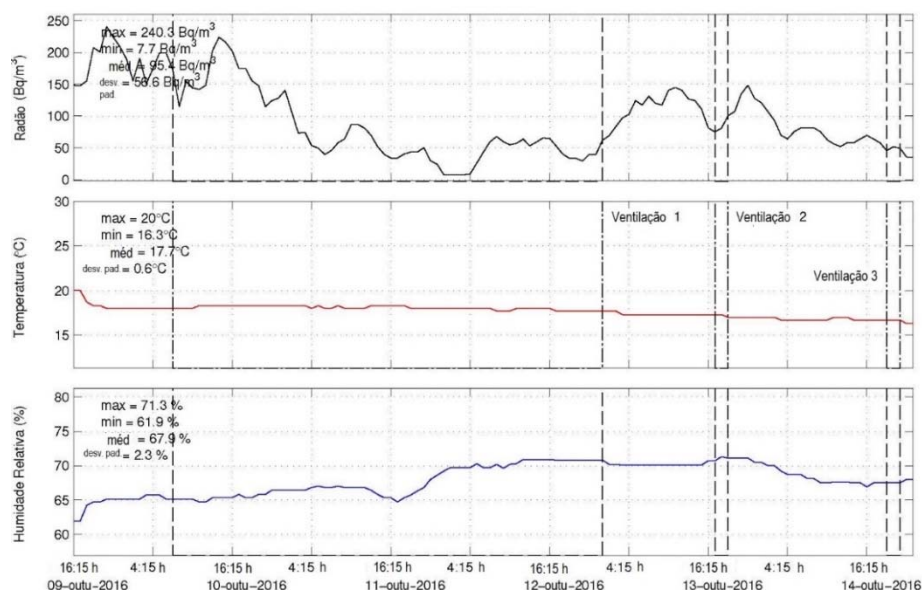


Gráfico 11 - Resultados da subamostra E2, Quarto

Do Gráfico 11 pode observar-se a aproximação de um valor residualmente em decrescimento no parâmetro temperatura e o aumento e diminuição da humidade relativa. A concentração de gás radão apresenta uma variação irregular, podendo esta estar associada à ventilação.

Tabela 11 - Resultados da subamostra E2, Quarto

Subamostra E2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	240,3	7,7	95,4	56,6	179,4	140,5	47,3	37,5
Temperatura (°C)	20,0	16,3	17,7	0,6	18,3	18,0	17,0	
Humidade Relativa (%)	71,3	61,9	67,9	2,3	70,8	70,1	65,3	

Através da observação da Tabela 11, onde se verifica o valor médio da concentração de gás radão de 95 Bq/m³, que oscilou entre os 8 Bq/m³, no período entre as 00:00 e as 03:00 horas do dia 12 de outubro, e os 240 Bq/m³ por volta das 21:00 horas registado no dia 9 de outubro. Não apresentando valores acima do limiar de proteção. Do valor obtido do P75, depreende-se que 25% das subamostras encontram-se acima dos 140 Bq/m³.

Tendo em conta o valor médio da concentração de gás radão que não excede os 100 Bq/m³, esta subamostra não apresenta risco para os ocupantes, face ao valor regulamentar nacional, e também face ao regulamentar pela Alemanha (100 Bq/m³).

Por se tratar de uma moradia desocupada, a responsável pela manutenção deixou o vão exterior aberto num longo período horário (durante 65 horas seguidas), registando assim a decrescente concentração de gás radão durante esse período.

A temperatura apresenta um valor médio de 18°C, que oscilou ligeiramente entres os 16°C entre as 22:00 e 23:00 horas do dia 14 de outubro, e os 20°C durante as 16:00 e as 17:00 horas do dia 9 de outubro de 2016.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 68% que variou entre os 62%, registados às 16:00 e 17:00 horas do dia 9 de outubro e os 71% por volta das 18:00 horas do dia 13 de outubro.

O registo de concentrações de radão abaixo do limiar de proteção nacional poderá ser justificado pelas seguintes causas:

- Habitação não ocupada, prevalecendo os vãos abertos a maior parte da instrumentação;
- Caixilharia de madeira sem selagem, permitindo a circulação de ar.

4.2.6. Amostra F

A amostra F refere-se a uma moradia de tipologia T4 localizada na freguesia de Palme. Esta moradia situa-se no piso de rés-do-chão onde uma das fachadas é parcialmente enterrada (posterior) e as restantes caracteristicamente com granito à vista pelo exterior. Esta amostra divide-se na instrumentação das subamostras F1 e F2, que dizem respeito à sala de estar com cozinha e quarto, respetivamente.

Aquando o registo de dados a moradia encontrava-se habitada por um casal com duas filhas, efetuado no período entre o dia 19 e 24 de outubro de 2016.

A subamostra F1 corresponde à fração sala de estar com cozinha espaço este bastante amplo, *cf.* Anexo 13.

O Gráfico 12 apresenta os resultados da subamostra A1, onde estão registadas as variações de concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa, bem como apresenta períodos diários de ventilação, *cf.* Gráfico 12.

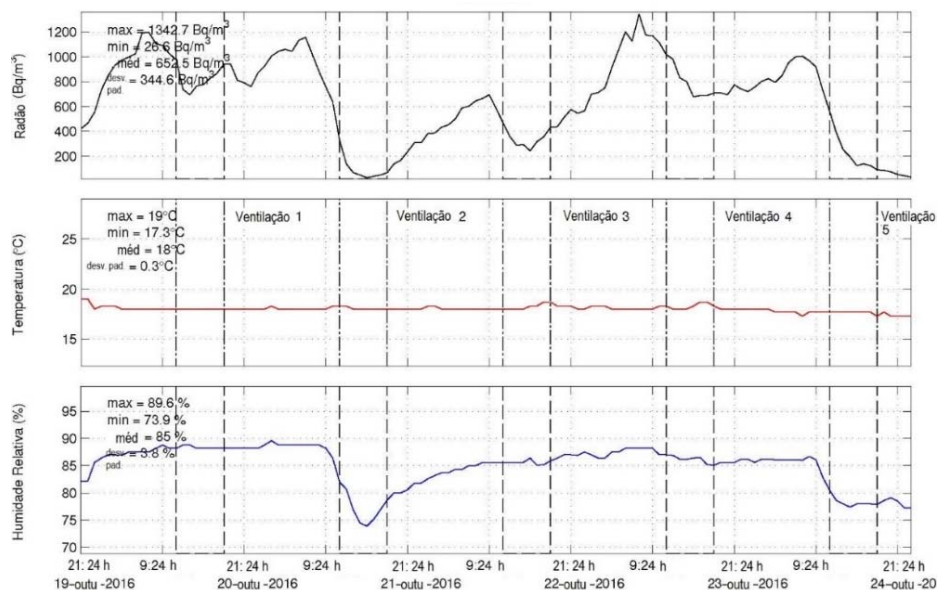


Gráfico 12 - Resultados da subamostra F1, Sala

Da análise do Gráfico 11 é possível constatar que a concentração de gás radão atingiu os seus picos de concentração máxima por volta das 07:00 horas da manhã, e ainda que os picos mínimos verificam-se por volta das 15:00 horas, estando este associado ao período de ventilação.

O pico mínimo da concentração de gás radão corresponde ao pico mínimo da humidade relativa e a uma constante temperatura. Estas observações podem estar associadas ao facto de ser uma moradia em contacto com o rés-do-chão, geralmente inflacionada por uma elevada percentagem de humidade relativa, que quando sujeito à ação da ventilação seja normal decrescer.

Tabela 12 - Resultados da subamostra F1, Sala

Subamostra F1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m ³)
Concentração Radão (Bq/m ³)	1342,7	26,6	652,5	344,6	1059,8	936,2	308,2	222,0
Temperatura (°C)	19,0	17,3	18,0	0,3	18,3	18,0	18,0	
Humidade Relativa (%)	89,6	73,9	85,0	3,8	88,2	87,9	81,9	

De acordo com a Tabela 12 a concentração de gás radão apresenta um valor médio de 653 Bq/m³, que oscilou entre os 27 Bq/m³ por volta das 15:00 horas do dia 21 de outubro e os 1343 Bq/m³ por volta das 07:00 horas do dia 23 de outubro. O período inicial de medição registou um valor acima do limiar de proteção durante 38 horas consecutivas, como se pode observar no Gráfico 12. O pico onde se registou o máximo foi crescente entre as 13:00 e as 07:00 horas entre os dias 22 e 23 de outubro e decrescente entre as 07:00 e as 15:00 horas do dia 23 de outubro.

Do P20 pode-se inferir que apenas 20% dos valores se encontram abaixo dos 300 Bq/m³, podendo expor os moradores a concentrações de gás radão superiores a este em 80% do tempo da aquisição de dados, cf. Tabela 12.

A temperatura apresenta um valor médio de 18°C que oscilou entre os 17°C entre as 20:00 e as 23:00 horas do dia 24 de outubro e os 19°C durante as 21:00 e 22:00 horas do dia 19 de outubro de 2016.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 85%, que variou entre os 74%, registado entre as 20:00 horas e 23:00 horas do dia 24 de outubro, e os 90% por volta da 01:00 hora do dia 24 de outubro de 2016.

O registo de ventilação ocorreu em períodos de 7 horas, aquando a saída dos moradores, verificando a descida de concentração de radão e da humidade relativa e ainda o ligeiro aumento da temperatura, face à estação do ano, outono.

A subamostra F2 representa a fração quarto com casa de banho da habitação, habitado aquando a aquisição de dados. À semelhança da subamostra anterior esta também foi ventilada diariamente, cf. Gráfico 13.

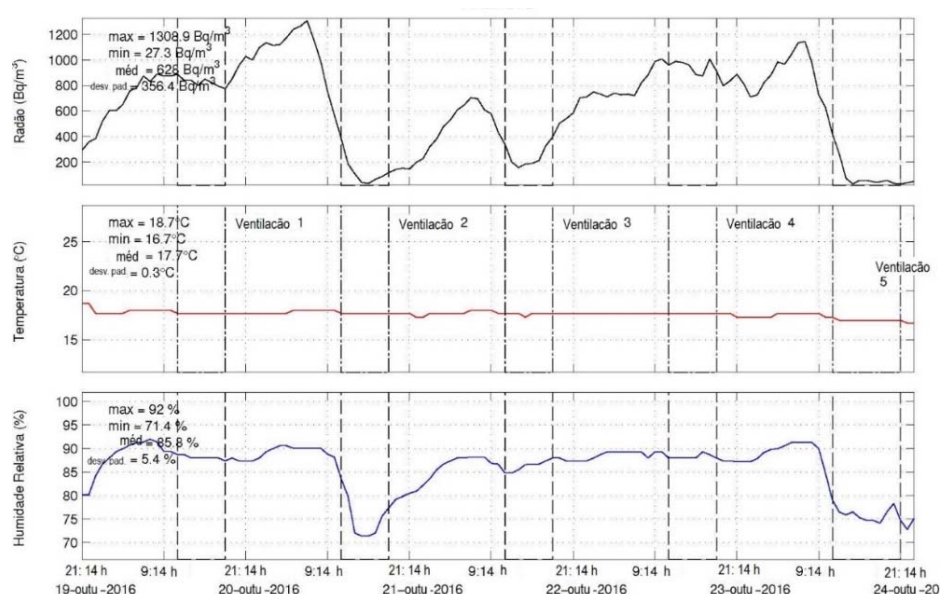


Gráfico 13 - Resultados da subamostra F2, Quarto

Analisando o Gráfico 13 pode observar-se que os picos máximos da concentração de gás radão ocorreram aproximadamente no mesmo período que o da fração anterior, por volta das 07:00 horas, e por sua vez os picos mínimos por volta das 15:00 horas.

Tabela 13 - Resultados da subamostra F2, Quarto

Subamostra F2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	1308,9	27,3	628,0	356,4	1023,5	884,7	197,5	52,7
Temperatura (°C)	18,7	16,7	17,7	0,3	18,0	17,7	17,7	
Humidade Relativa (%)	92,0	71,4	85,8	5,4	90,1	89,3	80,7	

Pela análise da Tabela 13, as concentrações de gás radão apresentam um valor médio de 628 Bq/m³, que variou entre 27 Bq/m³ por volta das 14:00 horas do dia 24 de outubro e os 1309 Bq/m³ por volta das 06:00 horas do dia 21 de outubro de 2016. O P75 observa-se que 25% dos valores obtidos encontram-se a cima do valor

de 885 Bq/m³. Estes valores merecem a maior relevância quanto à adoção de medidas de mitigação, uma vez que o valor de referência nacional, situa-se muito inferiormente ao valor médio e ainda, dada a prolongada exposição a elevadas concentrações de gás radão por parte dos ocupantes.

A temperatura apresenta um valor médio de 18°C que variou entre os 17°C entre as 22:00 e as 23:00 horas do dia 24 de outubro e os 19°C entre as 21:00 e as 22:00 horas do dia 19 de outubro.

A humidade relativa registou um valor médio de 86% que oscilou entre os valores compreendidos entre os 71% entre as 14:00 e as 15:00 horas e os 92% por volta das 07:00 horas.

Os valores de concentração do gás radão podem ser aparentemente justificados, para ambas as subamostras, pelos seguintes fatores:

- A caixilharia é em alumínio e com vidro duplo apresentando estanquicidade ao ar, não permitindo flutuação do ar com o exterior;
- O material utilizado para revestir a alvenaria interior ser em placas de gesso cartonado, facilitando a infiltração do gás radão;
- As subamostras situarem-se no piso de rés-do-chão, de onde provém a maior parte das infiltrações (pelo pavimento).

Como prováveis medidas de mitigação e uma vez que a ventilação diária não é suficiente, será necessário instalar equipamentos de ventilação mecânica, exercendo este as renovações de ar necessárias para que não existissem elevadas concentrações de gás radão no interior da moradia.

4.2.7. Amostra G

A amostra G refere-se a uma moradia de tipologia T3 situada na freguesia de Palme, com piso de rés-do-chão e piso elevado (cf. Figura 36). Esta amostra divide-se nas frações G1 e G2 que representam a cozinha e um quarto, respetivamente, ambas situadas no piso elevado.

Aquando a aquisição de dados a moradia encontrava-se ocupada por um casal e um filho, efetuada entre o dia 26 e o 31 de outubro de 2016.

O Gráfico 14 apresenta os resultados da subamostra G1, onde estão registadas as concentrações de gás radão, temperatura e humidade relativa, bem como apresenta 3 períodos de ventilação.

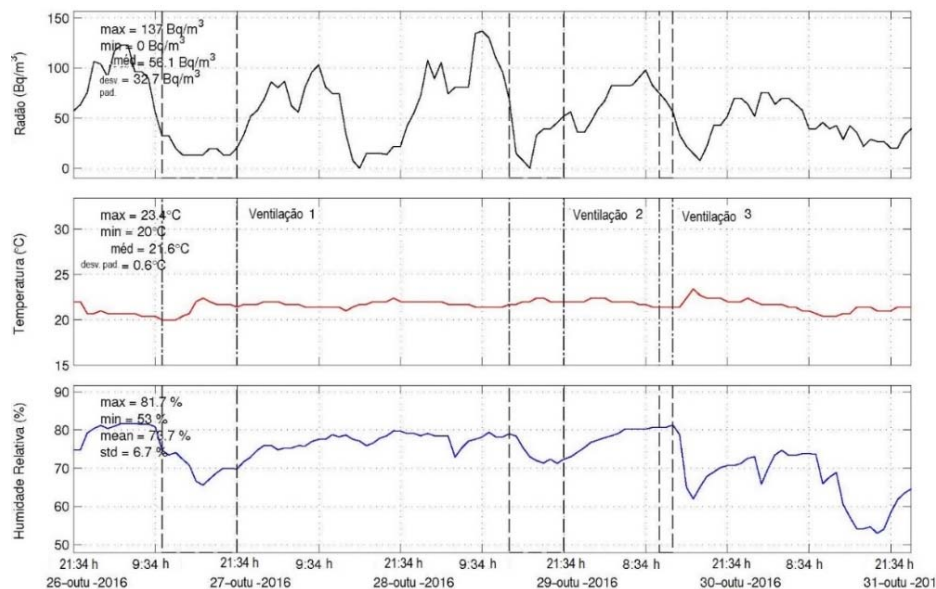


Gráfico 14 - Resultados da subamostra G, Cozinha

Analisando o Gráfico 14 pode observar-se que os picos máximos de concentração de gás radão são próximos das 8:00 horas e os mínimos por volta das 15:00 horas. Estes valores não apresentam perigosidade à ocupação desta fração.

É ainda notável o registo irregular da humidade relativa e da temperatura ao longo do tempo, esta pode estar associada, não só aos períodos de ventilação, mas também ao possível uso do exaustor de fumos aquando a confeção do jantar (mais perceptível)

Tabela 14 - Resultados da subamostra G1, Cozinha

Subamostra G1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	137,0	0,0	56,1	32,7	97,5	80,7	21,8	67,4
Temperatura (°C)	23,4	20,0	21,6	0,6	22,4	22,0	21,0	
Humidade Relativa (%)	81,7	53,0	73,7	6,7	80,4	78,5	69,9	

Pela análise da Tabela 14 e do Gráfico 14, a concentração de gás radão apresenta um valor médio de 56 Bq/m³, que oscilou entre os 0 Bq/m³ registado por volta das 15:00 horas do dia 28 outubro.

A temperatura da fração apresenta um valor médio de 22°C, que oscilou entre os 20°C, entre as 10:00 e as 12:00 horas do dia 27 de outubro e os 23°C, por volta das 15:00 horas do dia 30 de outubro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 74%, que variou entre os valores percentuais de 53% por volta das 18:00 horas do dia 31 de outubro, e os 82% por volta das 12:00 horas do dia 27 de outubro.

O registo de ventilação propiciou o decaimento da concentração do gás radão e da humidade relativa, permitindo verificar um aumento ligeiro da temperatura interior da fração.

A subamostra G2 representa a fração quarto da habitação em estudo, afetada pela alvenaria exterior em granito à vista e rebocada pelo seu interior. Esta subamostra é representada no Gráfico 15, onde se podem observar a ocorrência de 6 ações de ventilação.

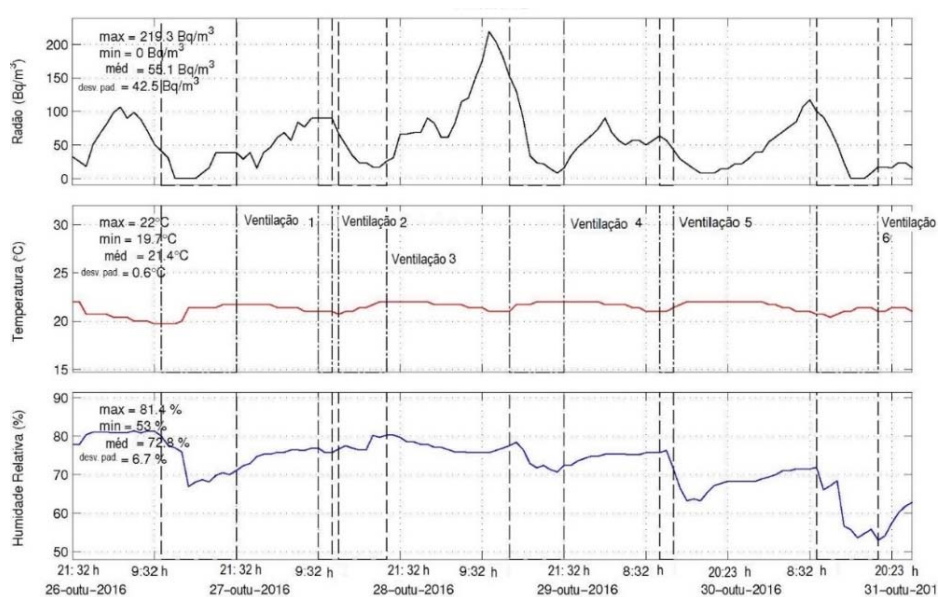


Gráfico 15 - Resultados da subamostra G2, Quarto

Analisando o Gráfico 15 podem ser observados picos máximos de concentração de gás radão, que ocorrem geralmente no período das 09:00 horas, e os picos mínimos por volta das 15:00 horas, estando estes últimos associados aos períodos de ventilação.

É ainda observada uma variação da humidade relativa bastante irregular, inferindo que geralmente a humidade relativa aumentou com a ação da ventilação,

exceto no dia 28 de outubro em que a humidade relativa, provavelmente estando associado a um dia de humidade relativa exterior superior à da fração.

O registo de ventilação foi efetuado diariamente em períodos longos, um dos quais durante 11 horas consecutivas.

Tabela 15 - Resultados da subamostra G2, Quarto

Subamostra G2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	219,3	0,0	51,1	42,5	99,9	77,0	17,3	33,5
Temperatura (°C)	22,0	19,7	21,4	0,6	22,0	22,0	21,0	
Humidade Relativa (%)	81,4	53,0	72,8	6,7	80,3	76,9	68,3	

Pela análise da Tabela 15 e do Gráfico15, a concentração de radão apresenta um valor médio de 51 Bq/m³, que oscilaram entre o valor mínimo nulo, entre as 12:00 e as 15:00 horas do dia 31 de outubro, e o valor máximo de 219.3 Bq/m³ por volta das 10:00 horas do dia 29 de outubro. Não apresentando valores próximos do valor de referência nacional, (400 Bq/m³).

A temperatura registou um valor médio de 21°C que oscilou entre os 17°C entre as 09:00 e as 12:00 horas do dia 27 de outubro e os 22°C em períodos variados, geralmente a partir das 17:00 horas.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 73%, que varia entre os 53% registado por volta das 18:00 horas do dia 31 de outubro, e os 81% por volta das 08:00 horas do dia 27 de outubro.

Dada a presença de granito na fachada exterior, cf. Figura 36 seria de esperar que esta amostra representasse valores próximos ou até mesmo superiores ao valor limiar de proteção nacional, de 400 Bq/m³. Um dos principais opositores ao seu armazenamento poderá estar na construção da alvenaria em tijolo pelo interior da fachada em granito (fachadas exteriores).

Pode ainda deduzir-se que a ventilação executada, tanto pela abertura de vãos exteriores, como pela exaustão de fumos na cozinha ajuda a que não fiquem armazenadas as concentrações de gás radão.

4.2.8. Amostra H

A amostra H representa uma moradia unifamiliar de tipologia T2, situada na freguesia de Palme, com piso de rés-do-chão e piso elevado, sendo apenas habitado o piso elevado. O granito é utilizado nesta moradia como alvenaria exterior sendo visível pelo exterior e revestido pelo seu interior com placas de gesso cartonado, *cf.* Figura 38. Esta amostra divide-se nas frações, H1 referente à sala de estar com cozinha, e à H2 referente ao quarto da habitação.

Aquando a aquisição de dados a moradia encontrava-se habitada por uma senhora com a sua filha. Estes dados foram obtidos no período entre o dia 1 e o dia 6 de novembro de 2016.

O Gráfico 16 elucida os valores de concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa, obtidos da instrumentação da subamostra H1, bem como a existência de um período de ventilação. De notar que esta fração apresenta uma chaminé para extração e fumos desobstruída.

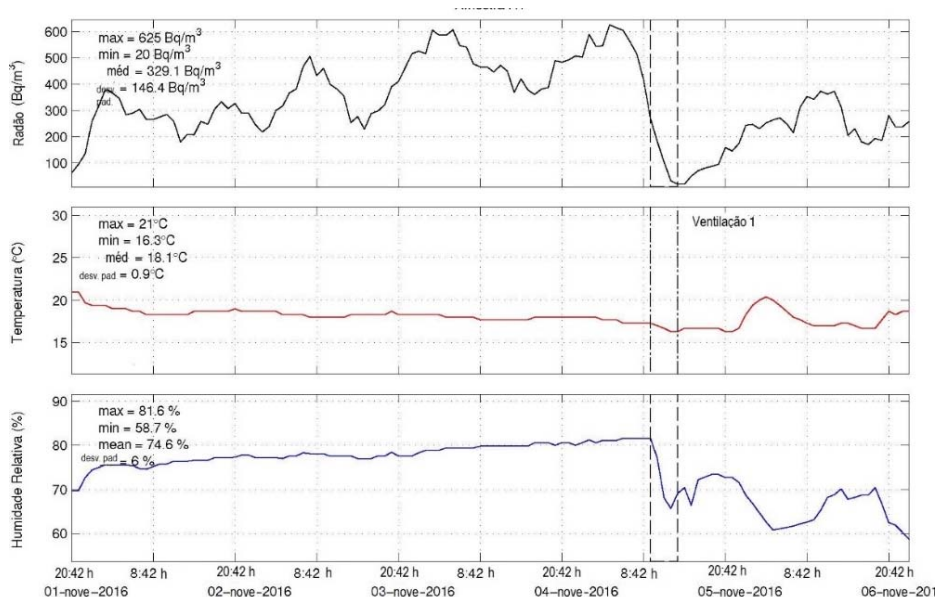


Gráfico 16 - Resultados da subamostra H1, Cozinha

Analisando o Gráfico 16 é possível associar o registo irregular da concentração e gás radão ao facto de existir uma chaminé que permita a livre circulação do ar. Observa-se ainda que esta concentração apresenta picos máximos de concentração geralmente por volta das 04:00 horas.

A partir da ação ventilação, imposta pelo ocupante é curiosa a forma como os 3 parâmetros em estudo se desenvolvem irregularmente. Desconhecendo possíveis influenciadores e causas deste desenvolvimento.

Tabela 16 - Resultados da subamostra H1, Cozinha

Subamostra H1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m ³)
Concentração Radão (Bq/m ³)	625,0	20,0	329,1	146,4	535,8	447,1	217,4	51,0
Temperatura (°C)	21,0	16,3	18,1	0,9	19,0	18,7	17,3	
Humidade Relativa (%)	81,6	58,7	74,6	6,0	80,6	79,0	68,8	

Pela análise do Gráfico 16 e Tabela 16, observa-se um valor médio de concentração de gás radão de 329 Bq/m³, compreendidos entre os 20 Bq/m³ no período entre as 13:00 e as 15:00 horas do dia 5 de novembro, e os 625 Bq/m³ por volta das 03:00 horas do dia 5 de novembro de 2016.

Pela análise do P75, cf. Tabela 16 é possível deduzir que 25% da subamostra encontra-se acima do valor 447 Bq/m³, valor este superior ao valor limiar de proteção nacional.

De notar o facto da subamostra se um valor de concentração e gás radão superior aos 400 Bq/m³ durante 17 horas consecutivas entre as 21:00 do dia 3 de novembro até às 13:00 horas do dia 4 de novembro de 2016, podendo acarretar consequências à saúde dos moradores.

A temperatura apresenta um valor médio de 18°C, que variou entre os valores de 16°C por volta das 13:00 e 14:00 horas do dia 5 de novembro e de 21°C por volta das 21:00 e 22:00 horas do dia 1 de novembro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 75%, que oscilou entre os valores de 59% por volta das 00:00 horas do dia 6 de novembro, e os 82% entre as 05 e 08:00 horas do dia 5 de novembro.

A subamostra H2 representa a instrumentação da fração quarto, que apesar de não ter qualquer vão exterior, pretende-se avaliar a propagação da concentração de gás radão para este. Inferindo assim a qualidade da QAI a que os moradores interagem no período de descanso.

O Gráfico 17 representa as variações de concentração e gás radão, temperatura e humidade relativa da subamostra H2, bem como o período de ventilação registado por consequência aquando a instrumentação da fração, uma vez que este não possui vãos exteriores.

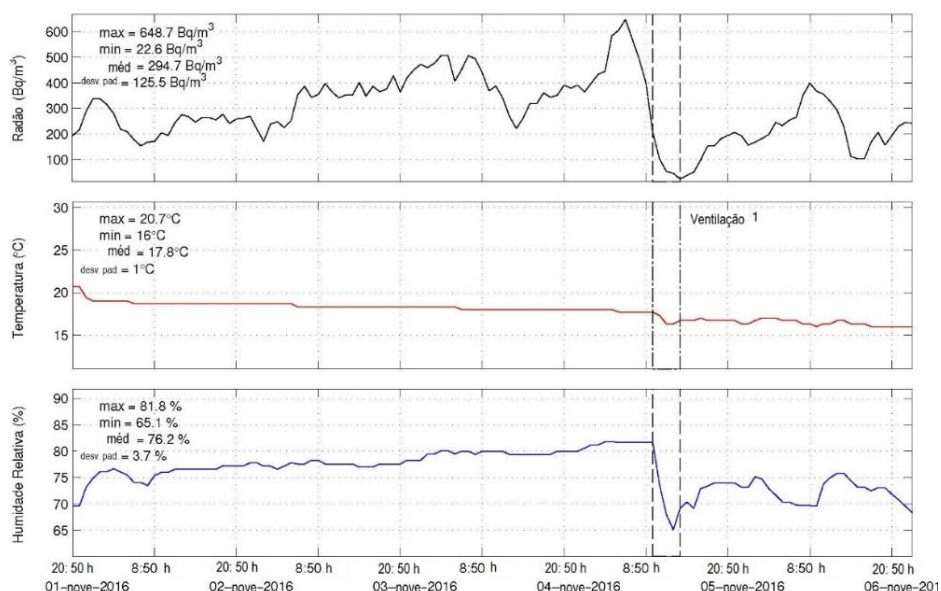


Gráfico 17 - Resultados da subamostra H2, Quarto

Pela análise do Gráfico 17 apresenta uma crescente e irregular concentração de gás radão, sensivelmente até ao período de ventilação. Apresenta mais notavelmente um pico de concentração máxima por volta das 06:00 horas, e o pico mínimo logo após a abertura dos vãos das frações vizinhas.

Tabela 17 - Resultados da subamostra H2, Quarto

Subamostra H2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	648,7	22,6	294,7	125,5	452,1	376,2	192,7	26,3
Temperatura (°C)	20,7	16,0	17,8	1,0	18,7	18,7	16,7	
Humidade Relativa (%)	81,8	65,1	76,2	3,7	80,1	79,4	73,2	

Através da análise do Gráfico 17 e Tabela 17, a concentração de radão apresenta um valor médio de 295 Bq/m³, que variam entre os valores de 23 Bq/m³ e os 649 Bq/m³, atingidos por volta das 14:00 horas e às 06:00 horas do dia 5 de novembro, respetivamente. Apesar do valor médio ser de 295 Bq/m³, atingem-se valores acima do limiar de proteção em cerca de 17 % das horas instrumentadas, na maior parte desses períodos durante a ocupação da fração.

A temperatura interior apresenta um valor médio de 18°C, oscilando entre os 16°C, no período entre as 18:00 e 00:00 horas do dia 6 de novembro, e os 21°C por volta das 21:00 e 22:00 horas, do dia 1 de novembro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 76%, variando entre os valores de 82% entre as 04:00 e as 09:00 horas, e de 65% por volta das 13:00 horas do dia 5 de novembro.

De notar que a caixilharia da presente moradia é em madeira, facilitando a transmissão do ar exterior/interior, e ainda é contemplada uma chaminé desobstruída na fração sala, H1, exercendo uma ventilação diária ao interior da moradia unifamiliar. Podendo estes fatores estar associados à concentração média de gás radão não atingir o valor limiar de proteção nacional.

Mesmo apresentando uma ventilação constante, a subamostra H1 chega a atingir valores acima do limiar de proteção, essencialmente, no período noturno quando a humidade relativa aumenta. Estes valores podem estar associados à execução do revestimento interior (placas de gesso cartonado), sem qualquer isolamento, facilitando a infiltração do gás radão por parte da alvenaria granítica de face à vista pelo exterior.

Como forma de evitar as excessivas concentrações de gás radão, dever-se-á promover as aberturas de vãos exteriores diariamente, o que possivelmente solucionara o problema das concentrações mais elevadas.

4.2.9. Amostra I

A amostra I refere-se a uma moradia de tipologia T3, situada na freguesia de Palme, com piso de rés-do-chão e piso elevado. No piso de rés-do-chão a moradia é construída com alvenarias de granito, visível exteriormente, e no piso elevado as paredes são em tijolo. Esta amostra divide-se na subamostra I1 referente à cozinha e na subamostra I2 referente ao quarto.

Aquando a aquisição de dados a moradia encontrava-se habitada por um casal com uma filha. Dados estes obtidos no período de 15 a 20 de novembro de 2016.

O Gráfico 18 apresenta os resultados obtidos da subamostra I1, onde estão registadas as variações de concentração de gás radão, temperatura e humidade relativa, bem como apresenta 5 períodos de ventilação efetuados diariamente.

De notar que esta subamostra é constituída por uma lareira desobstruída o que permite a livre circulação do ar.

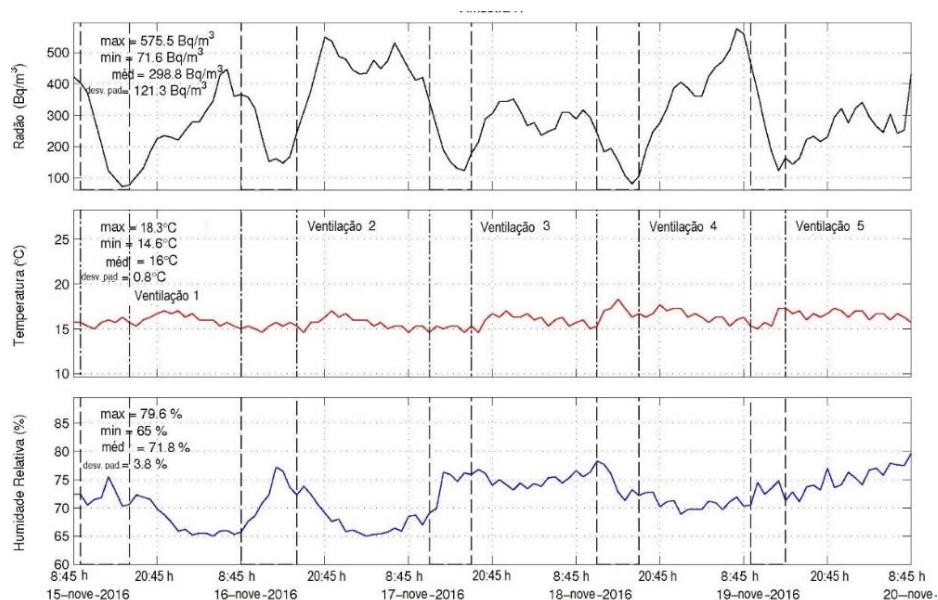


Gráfico 18 - Resultados da subamostra I1, Cozinha

Pela análise do Gráfico 18 é possível observar os picos de crescimento de concentração de gás radão, que crescem logo após cada período de ventilação efetuado. Estes picos visualizam-se entre as 20:45 horas e as 08:45 horas, podendo estes estar associados aos fechos de vãos exteriores, impedindo assim as renovações de ar interior. Por outro lado, é visível que a temperatura e a humidade relativa apresentam variações irregulares, estas podem ser consequência da existência de uma chaminé desobstruída, e ainda estar associadas ao mau isolamento térmico por parte da habitação.

Tabela 18 - Resultados da subamostra I1, Cozinha

Subamostra I1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	575,5	71,6	298,8	121,3	465,7	386,7	183,1	37,5
Temperatura (°C)	18,3	14,6	16,0	0,8	17,0	16,7	15,3	
Humidade Relativa (%)	79,6	65,0	71,8	3,8	76,5	74,7	68,5	

Pela análise da Tabela 18 e do Gráfico 18, os valores de concentração do gás radão oscilaram apresentam um valor médio de 299 Bq/m^3 , que variou entre os 72 Bq/m^3 por volta das 15:00 horas do dia 15 de novembro, e os 576 Bq/m^3 por volta das 07:00 horas do dia 19 de novembro. Pela análise do P75, a subamostra apresenta cerca de 25 % dos valores acima do limiar de proteção. Sendo que foram obtidos resultados acima dos 400 Bq/m^3 , num período de 16 horas consecutivas, entre as 20:00 horas do dia 16 de novembro e as 11:00 horas do dia 17 de novembro de 2016. Podendo inferir que, a existência de uma chaminé desobstruída e das ações de ventilação, não são suficientes para manter o valor da concentração e gás radão inferior ao proposto em Portugal, 400 Bq/m^3 .

A temperatura interior apresentou um valor médio de 16°C que variou entre os 15°C por volta das 19:00 horas do dia 17 de novembro, e os 18°C por volta das 15:00 horas do dia 18 de novembro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 72% que oscilou entre os 65% por volta das 05:00 horas do dia 16 de novembro e os 80% por volta das 09:00 horas do dia 20 de novembro de 2016.

A subamostra I2 representa a aquisição de dados da fração quarto, localizada no piso elevado da moradia. Esta fração é constituída por alvenarias exteriores e interiores em tijolo, e com caixilharia em madeira. Permitindo assim analisar os resultados por parte das possíveis propagações de gás radão por parte do piso inferior. São ainda observados 4 registos de ventilação, cf. Gráfico 19.

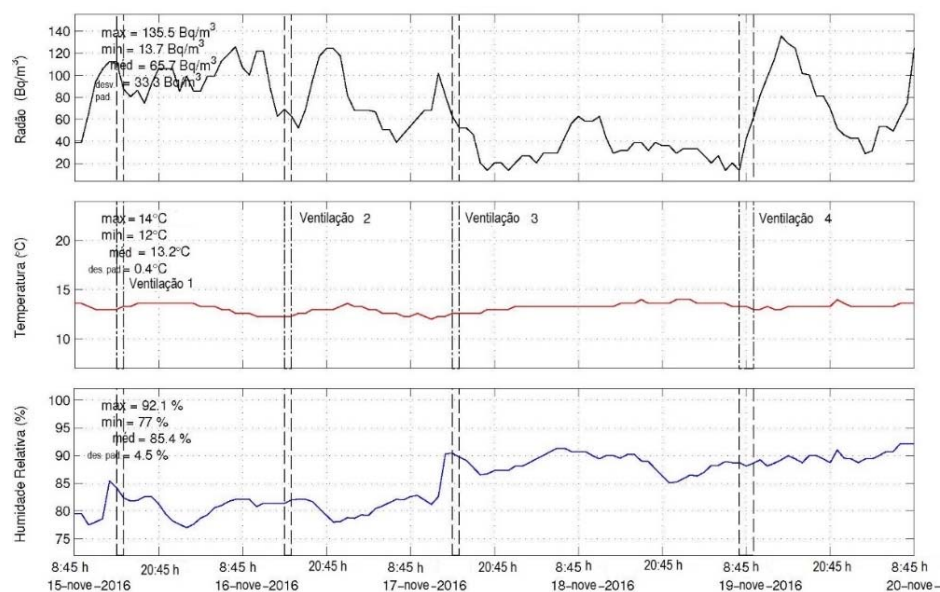


Gráfico 19 - Resultados da subamostra I2, Quarto

Pela análise do Gráfico 19 é possível observar que as concentrações de gás radão foram oscilando no decorrer do processo de aquisição de dados, no entanto os valores são bastante inferiores ao limiar de proteção nacional aplicável.

A temperatura apresenta uma oscilação aproximadamente constante, uma vez que varia em cerca de 2°C. Já a humidade relativa oscila consoante o tempo de instrumentação.

Tabela 19 - Resultados da subamostra I2, Quarto

Subamostra I2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	135,5	13,7	65,7	33,3	114,5	94,0	31,6	33,0
Temperatura (°C)	14,0	12,0	13,2	0,4	13,6	13,6	12,6	
Humidade Relativa (%)	92,1	77,0	85,4	4,5	90,4	89,4	81,0	

Pela análise do Gráfico 19 e a Tabela 19, observam-se os valores de concentração do gás radão, compreendidos entre os 14 Bq/m³ e os 136 Bq/m³, registados por volta das 06:00 horas e as 14:00 horas do dia 19 de novembro, respetivamente, e com valor médio de 63 Bq/m³. Estes valores encontram-se muito abaixo do limiar de proteção nacional.

A temperatura interior apresenta um valor médio de 13°C, oscilando entre os 12°C, registado por volta das 12:00 horas do dia 17 de novembro, e os 14°C entre as 23 e a 01:00 hora do dia 18 de novembro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 85% que oscila entre os 77%, por volta da 01:00 hora do dia 16 de novembro, e os 92%, registados por volta das 07:00, 08:00 e 09:00 horas do dia 20 de novembro, respetivamente.

A ventilação foi efetuada pela abertura da janela existente na fração, janela esta, em caixilharia de madeira com grande permeabilidade à entrada do ar.

A medição desta fração pretendia avaliar a propagação do gás radão, uma vez que não se encontra pedra granítica nas suas alvenarias, concluindo assim que é visível a sua propagação ainda que me concentrações relativamente moderadas, quando comparadas com o limiar de proteção nacional.

4.2.10. Amostra J

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO GÁS RADÃO EM MORADIAS GRANÍTICAS

A amostra J refere-se a uma moradia de tipologia T5 situada na freguesia de Fragoso, e é constituída por três pisos, rés-do-chão, piso elevado 1 e piso elevado 2, cf. Figura 32. Esta moradia é constituída por fachadas exteriores em alvenaria granítica, totalmente à vista pelo exterior. Esta amostra divide-se nos compartimentos J1 e J2, referentes à cozinha e quarto respetivamente. De notar que a moradia não se encontrava habitada aquando a aquisição de dados, obtidos no período entre os dias 21 e 26 de novembro de 2016.

O Gráfico 20 A apresenta os resultados obtidos do compartimento J1, cozinha, localizado no rés-do-chão, onde uma das paredes interiores é em granito à vista, de notar que não foram registados períodos de ventilação, face à sua desocupação.

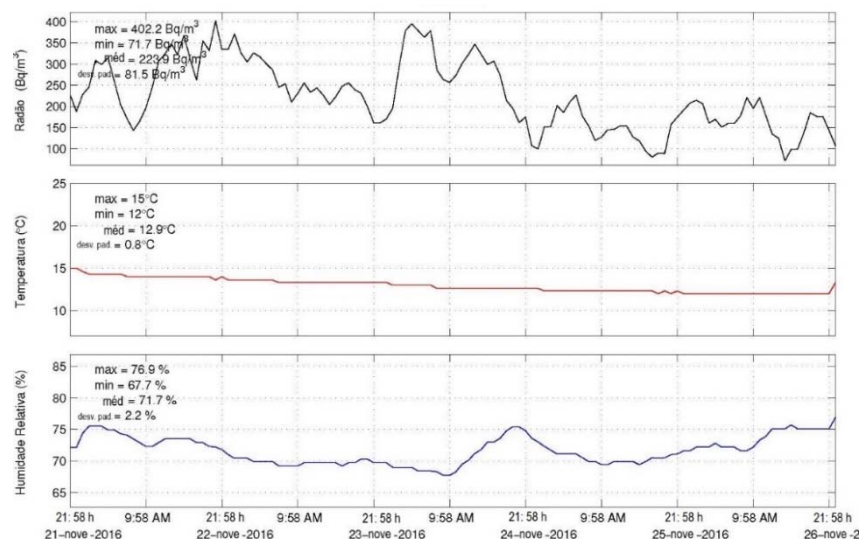


Gráfico 20 - Resultados da subamostra J1, Cozinha

Pela análise do Gráfico 20 pode observar-se que as concentrações de gás radão oscilaram ao longo do período de aquisição de dados, onde os picos máximos não encontram relação entre horas de diferentes dias, podendo encontrar picos máximos próximos das 21:58 horas e também próximo das 9:58 horas.

A temperatura interior da fração foi decrescendo residualmente ao longo do tempo e a humidade relativa foi oscilando.

Tabela 20 - Resultados da subamostra J1, Cozinha

Subamostra J1	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	402,2	71,7	223,9	81,5	334,4	297,5	153,6	165,0
Temperatura (°C)	15,0	12,0	12,9	0,8	14,0	13,6	12,0	
Humidade Relativa (%)	76,9	67,7	71,7	2,2	75,1	73,5	69,7	

Analisando o Gráfico 20 e a Tabela 20, observam-se valores de concentração do gás radão entre os 72 Bq/m³ e os 402 Bq/m³, registado por volta das 15:00 horas do dia 26 de novembro e por volta das 21:00 horas do dia 22 de novembro de 2016, respetivamente, onde o valor médio apresenta o valor de 212 Bq/m³. Este valor médio quando comparado com o limiar nacional aplicável não tem relevância, mas obtém relevância em países como a Alemanha, Estados Unidos e a Islândia, *cf.* Figura 5.

A temperatura variou apresenta um valor médio de aproximadamente 13°C e variou entre o valor mínimo de 12°C registados no dia 26 de novembro entre a 01:00 hora e as 22:00 horas, e o valor máximo de 15°C registado entre as 22:00 e 23:00 horas do dia 21 de novembro.

A humidade relativa apresenta um valor médio de 72% e oscila entre os 68%, registados entre as 09:00 e 10:00 horas do dia 24 de novembro, e os 77%, por volta das 23:00 horas do dia 26 de novembro.

A subamostra J2 representa os registos obtidos pela fração quarto da habitação, situado no piso elevado 1. Esta fração é constituído por granito à vista nas ombreiras e padieiras do vão exterior. Esta subamostra é complementada com o registo de dois períodos de ventilação, *cf.* Gráfico 21.

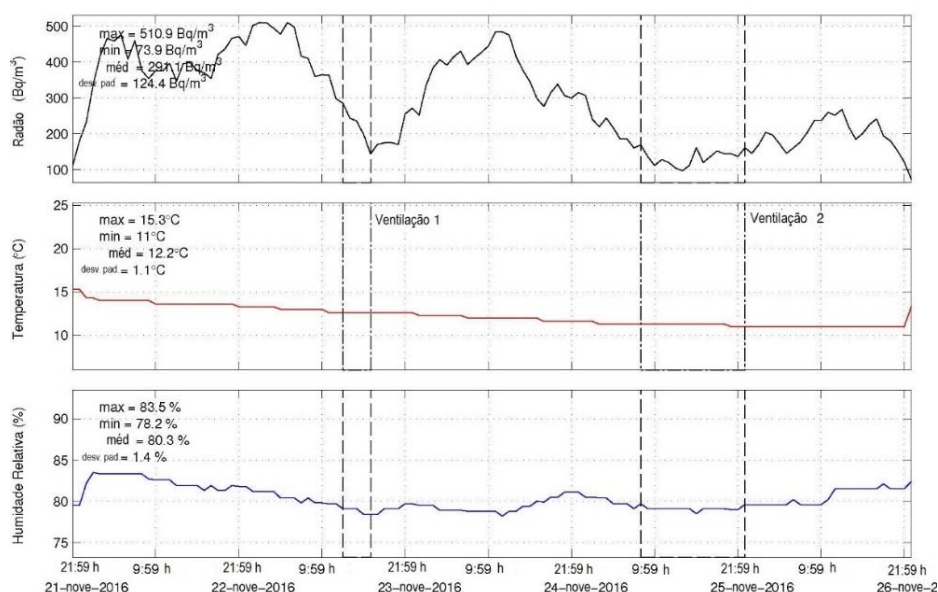


Gráfico 21 - Resultados da subamostra J2, Quarto

Pela análise do Gráfico 21 pode-se observar que os picos máximos de concentração de gás radão não sucederam em horas aproximadas, durante os dias de instrumentação. Observa-se ainda que a abertura do vão exterior afeta o seu decaimento e o fecho do vão propicia ao crescimento da concentração de gás radão.

A temperatura interior foi decrescendo ao longo do tempo, não sendo observada qualquer consequência por parte da abertura do vão exterior.

A variação da humidade relativa foi sofrendo crescimento e decaimento ao longo do tempo, não sendo possível tecer conclusões em relação com a ação de ventilação, uma vez que, em uma das ventilações a humidade relativa desceu, mas na outra manteve-se aproximadamente constante.

Tabela 21 - Resultados da subamostra J2, Quarto

Subamostra J2	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	P90	P75	P20	Volume aproximado da fração (m³)
Concentração Radão (Bq/m³)	510,9	73,9	291,1	124,4	466,5	397,6	169,1	57,00
Temperatura (°C)	15,3	11,0	12,2	1,1	13,6	13,2	11,0	
Humidade Relativa (%)	83,5	78,2	80,3	1,4	82,4	81,5	79,1	

Da análise do Gráfico 21 e da Tabela 21 observa-se um valor médio de concentração de gás radão de 274 Bq/m³, que variou entre os 74 Bq/m³ e os 511

Bq/m³, registado por volta das 23:00 horas do dia 26 de novembro e por volta da 01:00 hora do dia 23 de novembro, respetivamente. Apesar do valor médio não se encontrar próximo do limiar de concentração aplicável em Portugal, é de notar que em cerca de 25% das instrumentações excedem esse mesmo valor referência, pela análise do P75.

A temperatura interior da fração apresenta um valor médio aproximado de 12°C que varia entre os 11°C registados entre as 21:00 horas do dia 25 e as 22:00 horas do dia 26 de novembro, e os 15°C registado entre as 22:00 e as 23:00 horas do dia 21 de novembro.

A humidade relativa interior apresenta um valor médio próximo de 80% que oscilou entre os valores 78% por volta das 12:00 horas do dia 24 de novembro, e os 83% à 01:00 hora do dia 22 de novembro de 2016.

Uma vez que a subamostra J1 se encontra no piso adjacente ao solo seria de esperar valores de concentração de gás radão mais elevados em comparação com a subamostra J2, tal não se verificou. Um dos principais fatores, além da desocupação da moradia, poderá estar associado ao extenso volume da subamostra J1, permitindo a flutuação do ar. Enquanto que a subamostra J2 está confinada a um volume quase três vezes inferior como se pode verificar na análise do volume da fração das *Tabelas 24 e 25*.

4.3. *Discussão Final*

De forma a melhor comparar os resultados obtidos em todas as subamostras foi efetuada uma representação estatística sob forma de diagramas de caixas, onde se pode observar a variação dos parâmetros em estudo, a concentração do gás radão, temperatura e humidade relativa.

Os diagramas de caixas são utilizados para avaliar a distribuição dos dados em estudo, são representados pelo valor mínimo (limite inferior), e pelo máximo (limite superior), estando a caixa destinada ao primeiro e terceiro quartil (valor 25% e 75% das subamostras ordenadas, respetivamente), e à mediana, valor das subamostras a 50% das subamostras ordenadas. Estas caixas podem representar ainda valores fora destes limites, sendo estes designados por valores estatisticamente sem validade.

Na análise dos gráficos é necessário ter em conta que o período de instrumentação das amostras A, B e C foram executadas entre o 22 de agosto e o 8 de setembro, estação de verão, e posteriormente iniciaram-se as instrumentações da amostra D em 2 de outubro e concluído a instrumentação com a amostra J a 26 de outubro, portanto estação de outono. A quebra de medições entre a amostra C e D deveu-se à necessidade dos equipamentos por parte do Escola Superior de Tecnologia e Gestão, IPVC.

No Gráfico 22 estão representados os diagramas de caixas da concentração do gás radão (Bq/m^3), para todas as subamostras ou compartimentos das amostras instrumentadas.

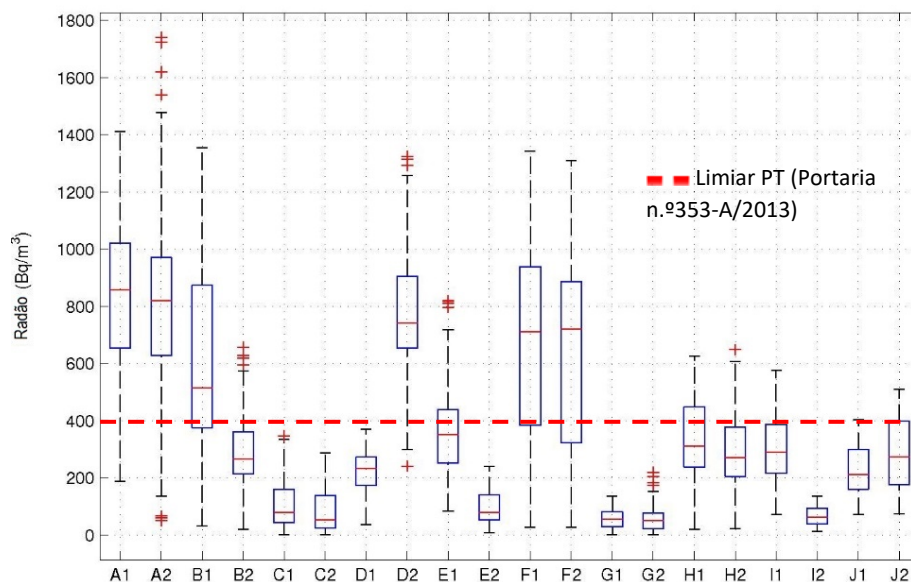


Gráfico 22 - Representação da Variação da Concentração do Gás Radão das subamostras

Pela análise do Gráfico 22, pode-se observar que aproximadamente 30% dos valores representativos da mediana encontram-se acima do limiar de proteção português (400 Bq/m^3). Neste caso as medidas de mitigação a implementar deveriam ser executadas no imediato de forma a minimizar o impacto na saúde dos ocupantes das moradias. Por outro lado, 45% dos compartimentos instrumentados não atinge, em momento algum, esse mesmo valor (compartimentos, B2, C1, C2, D1, E2, G1, G2, I2 e J1).

Analisando o índice das amostras *cf.* Anexo 1 e o Gráfico 22, as subamostras associadas aos maiores valores de concentração de gás radão, estão associadas à sua instrumentação em pisos inferiores, em espaços com granito à vista pelo interior ou em moradias desabitadas.

O Gráfico 23 representa o diagrama de caixas da humidade relativa (%) para cada compartimento das amostras instrumentadas.

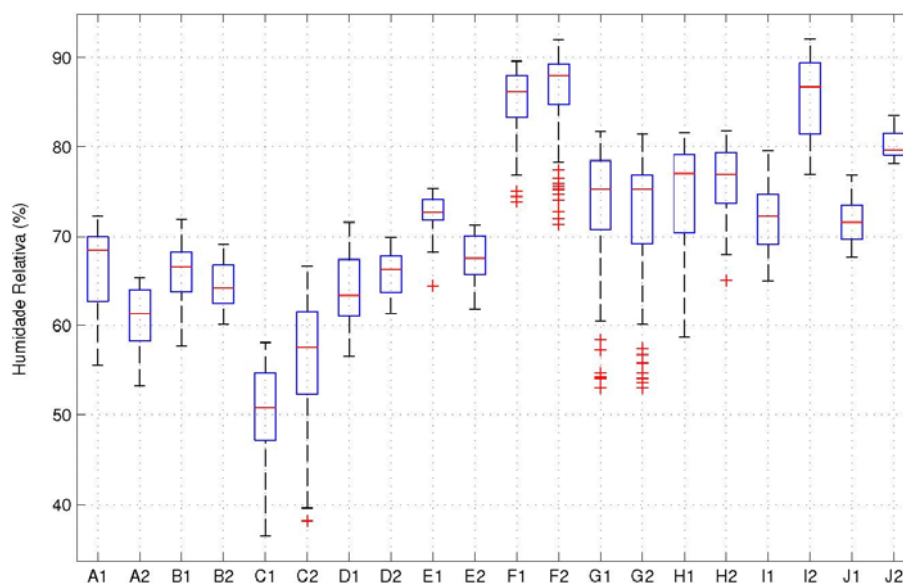


Gráfico 23 - Representação das Variações percentuais de Humidade Relativa das subamostras

Partindo da localização dos compartimentos (subamostras) conforme índice de amostras (Anexo I), e da observação análise do Gráfico 23, pode-se constatar que os valores instrumentados nos pisos de rés-do-chão ou cave, são os que apresentam maior percentagem de humidade relativa, compartimentos A1, D1, D2, E1, F1, I1 e J1. A partir do compartimento D1, observa-se o aumento da humidade relativa, podendo esta estar associada à transição da estação verão para o outono, sendo mais notável a partir da subamostra F1 que geralmente se registam valores de humidade relativa acima dos 70%.

A variação da humidade relativa está correlacionada com vários fatores, entre eles, o facto de se situarem no piso inferior da moradia, tal como referido anteriormente, a ocorrência de precipitação aquando a instrumentação, a época do ano e a própria ocupação da fração instrumentada.

Os compartimentos da amostra F apresentam valores elevados de humidade relativa, quando comparados com os restantes, sendo um piso de rés-do-chão enterrado numa das fachadas (posterior), apresenta ainda elevadas concentrações de radão. É de notar o facto da moradia ter sido reabilitada em 2016, as medidas de mitigação deveriam ter sido previstas aquando a fase de projeto.

No Gráfico 24 é possível visualizar, a variação da temperatura gradualmente. O registo deste parâmetro pretende entender a variação da temperatura de fração para fração de cada amostra, e ainda tentar compreender se existe alguma relação com os parâmetros acima mencionados (concentração de gás radão e humidade relativa).

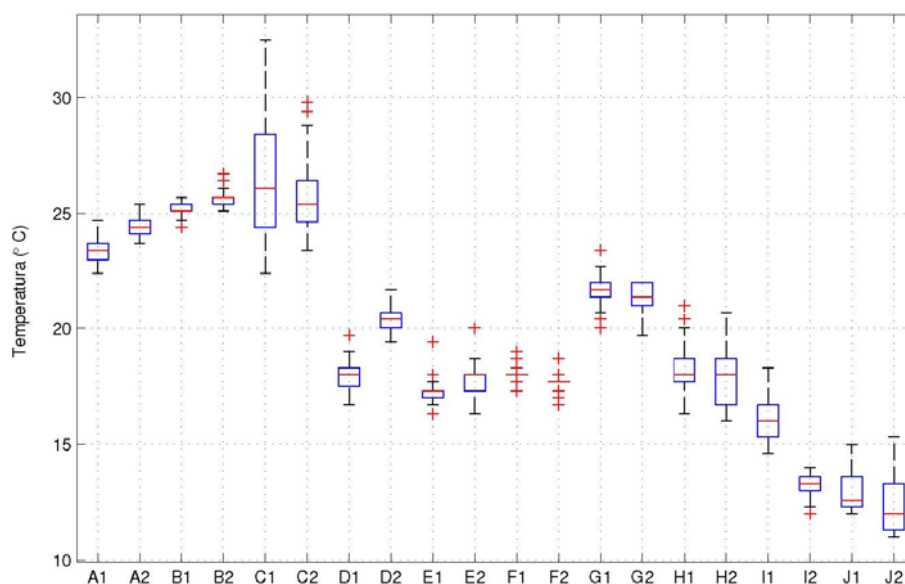


Gráfico 24 - Representação das Variações de Temperatura das subamostras

Do Gráfico 24 podemos observar que em geral as temperaturas não oscilam significativamente, excetuando os compartimentos C1 e C2, característico de uma sala de estar com grandes vãos envidraçados direcionados a sul, obtendo grandes ganhos solares e aquecendo a fração e um quarto com vãos interiores e exteriores abertos, o que permite a transmissão entre os compartimentos da moradia, respetivamente.

As amostras A, B e C foram instrumentadas aquando a estação verão, já as restantes (D, E, F, G, H, I e J) foram alvo de instrumentação aquando a estação do

ano outono, o que pudera estar associado à descida de temperatura a partir da amostra D.

A amostra F é mais uma vez distinguida, uma vez que não apresenta valores possíveis de gerar um diagrama de caixa, sendo apresentados valores aproximadamente constantes, como se pode observar no Gráfico 24.

Para uma melhor observação da correlação dos parâmetros referenciados, concentração do gás radão, temperatura e humidade relativa, foi gerado o Gráfico 25.

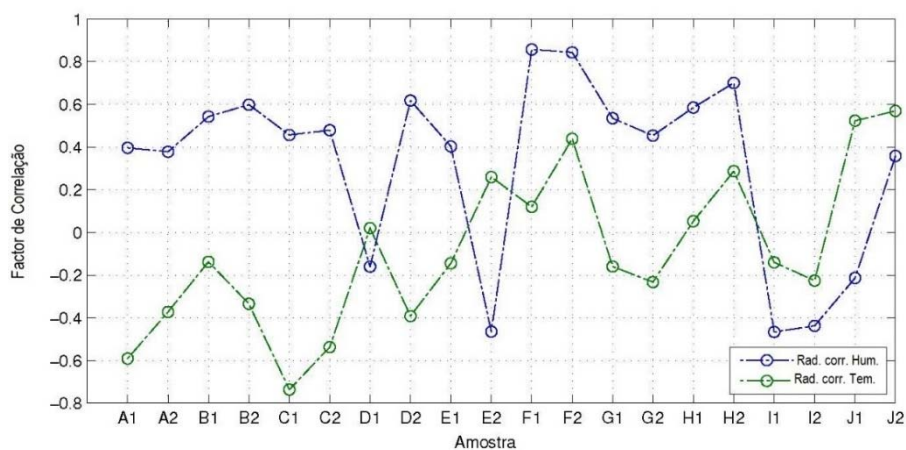


Gráfico 25 - Factor de Correlação (Radão/Humidade Relativa e Radão/ Temperatura)

Nesse sentido correlacionaram-se os dados relativos, à concentração do gás radão com a temperatura (a verde) e da humidade relativa também com a concentração do gás radão (a azul), cf. Gráfico 25.

Observando o Gráfico 25 e lembrando que quando estas relações se aproximam do 0 não tem relação possível, que quando próximas de 1 são diretamente relacionáveis e quando próximas de -1 são inversamente proporcionais, a correlação da humidade relativa com a concentração do gás radão em 70% dos casos é superior a 0,3, podendo se constatar que em geral quando a humidade relativa aumenta a concentração do gás radão também aumenta. Por outro lado, a correlação da temperatura com a concentração do gás radão em 30% dos casos é inferior a -0.2, observando que quando uma aumenta a outra diminui.

Através do levantamento dos materiais de construção de cada amostra foi possível retirar as conclusões seguintes (ver Anexo 2):

- I. Nas subamostras com gesso cartonado, pode-se constatar que ambas registam valores médios a partir dos 700 Bq/m³;
- II. Dentro da amostragem de granito à vista pelo exterior e rebocada e pintada pelo interior, é possível verificar que 50% das subamostras excedem o valor do limiar de proteção em 10% das medições, sendo que as outras 50% não chegam a atingir o limiar de proteção.
- III. Nas subamostras em que não se encontrava granito na sua envolvente, e com intuito de detetar a propagação do radão proveniente da restante moradia, cerca de 67% excedem o limiar de proteção em 10% das medições, sendo que uma das subamostras se diferencia, por exceder o limiar de proteção em mais de 80% do tempo, este resultado pode estar associado ao revestimento exterior ser executado em sistema ETIC'S rebocado e pintado, e o interior sendo em pladur, facilita as infiltrações para o interior.

O estudo experimental baseou-se em amostras que apresentam o granito como material de construção, podendo-se concluir que as medições efetuadas ao nível do piso térreo obtiveram valores mais elevados de concentração do gás radão, mesmo sendo ventilados atingiam valores acima do limiar de proteção muito antes da próxima ventilação, expondo os ocupantes à inalação do gás.

A averiguação dos materiais de construções empregues, resultou em conclusões mais coesas quanto à possível causa da acumulação do gás radão.

As ações de ventilação induziram à diminuição da concentração do gás radão, estas ações não foram importantes para avaliar se a ventilação é suficiente, observando se a concentração do gás radão atinge ou excede o valor nacional aplicável no período de ocupação da fração.

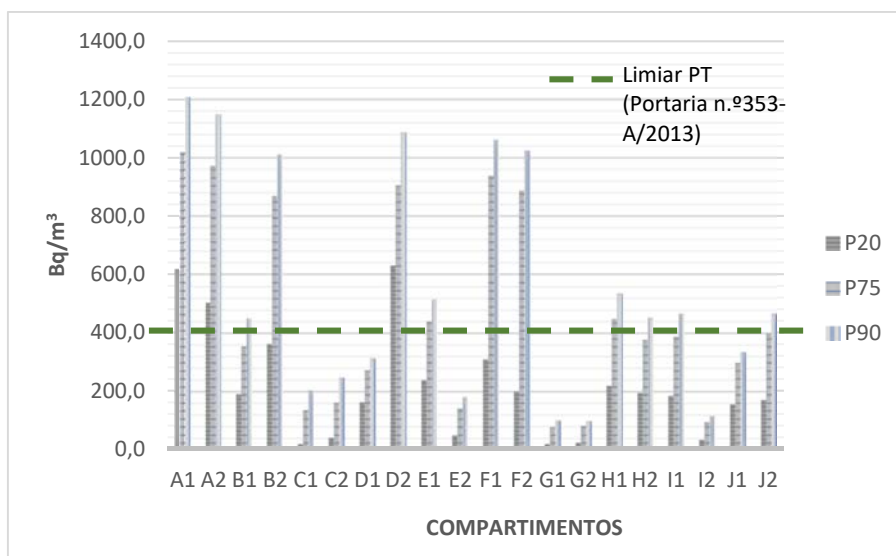


Gráfico 26 - Percentis de 20, 75 e 90

Através da análise do Gráfico 26 onde estão representados os percentis é possível constatar que em cerca de 60% dos compartimentos registam valores acima do limiar de proteção durante 10% do tempo da instrumentação. Verifica-se também que 30% das subamostras encontram-se com valores superiores acima dos 1000 Bq/m³ em 10% do tempo de instrumentação, expondo os ocupantes a um maior risco de inalação a grandes concentrações do gás radão.

Na análise do percentil de 75 pode-se verificar que cerca de 35% das amostras encontram-se acima do limiar de proteção em 25% do tempo instrumentado.

Regista ainda 30% dos compartimentos com exposição da concentração do gás radão excedendo os 800 Bq/m³.

Quanto à interpretação do percentil de 20 pode-se verificar que 3 das frações instrumentadas registam valores da concentração do gás radão acima do limiar de proteção em cerca de 80% das suas medições.

O Gráfico 27 representa os valores médios da concentração do gás radão registados por cada compartimento de cada amostra, com os limites de proteção adotado pela União Europeia (Diretiva 2013/59/EURATOM do conselho de 5 de dezembro de 2013), e pelos seguintes países, Portugal (Portaria 353-A/2013 de 5 de

dezembro de 2013), Inglaterra (Agência de Proteção de Saúde), Estados Unidos da América (Agência de Proteção Ambiental 402/F-12/005 fevereiro de 2013) e pela Alemanha (Escritório Federal de Proteção de Radão).

Com a observação do Gráfico 27 gerou-se o Gráfico 28 onde se representa o enquadramento percentual das subamostras de acordo com as diferentes adoções de valor limiar de proteção, designadamente na Alemanha (ALEM), Estados Unidos da América (EUA), Inglaterra (ING), União Europeia (EU) e Portugal (PT).

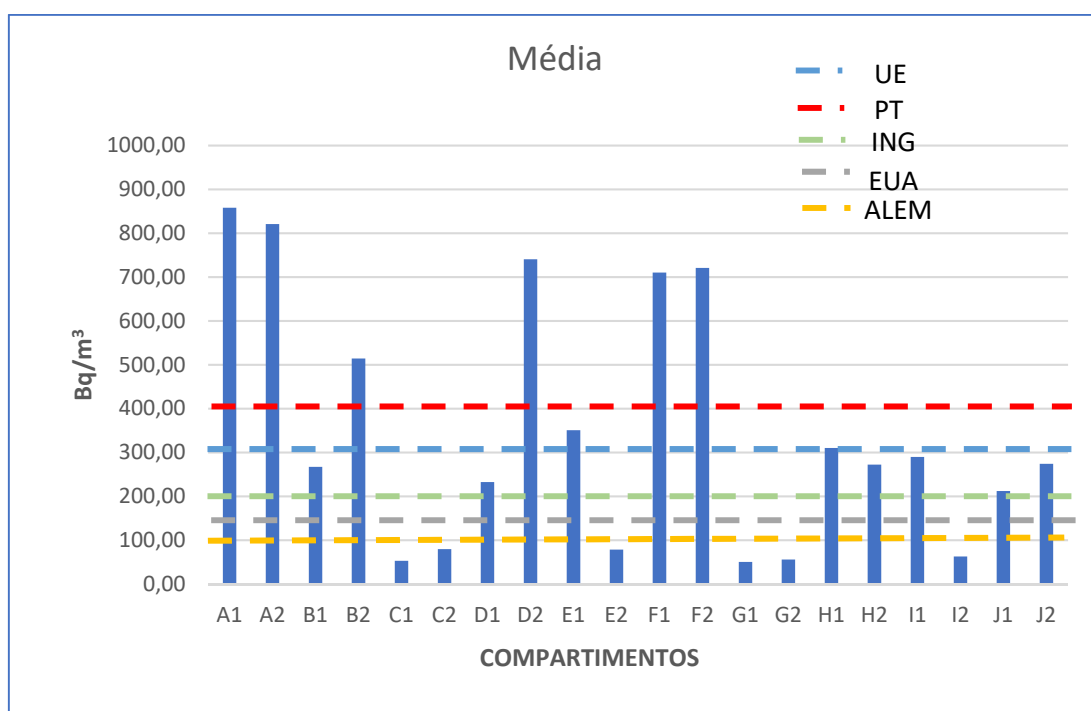


Gráfico 27 - Valores de Concentrações Médias

Através do Gráfico 28 é possível afirmar que os compartimentos instrumentados à luz dos países como a Alemanha, Estado Unidos da América e Inglaterra registam que em 70% dos casos é preciso implementar medidas de combate ao armazenamento de concentração do gás radão, por outro lado e com razão inversamente proporcional, em Portugal apenas 30% estarão identificados com potencial alvo de implementação de medidas de mitigação. Pelo limiar de proteção aplicado pela União Europeia, em 35% dos compartimentos deverão ser implementadas medidas de mitigação.

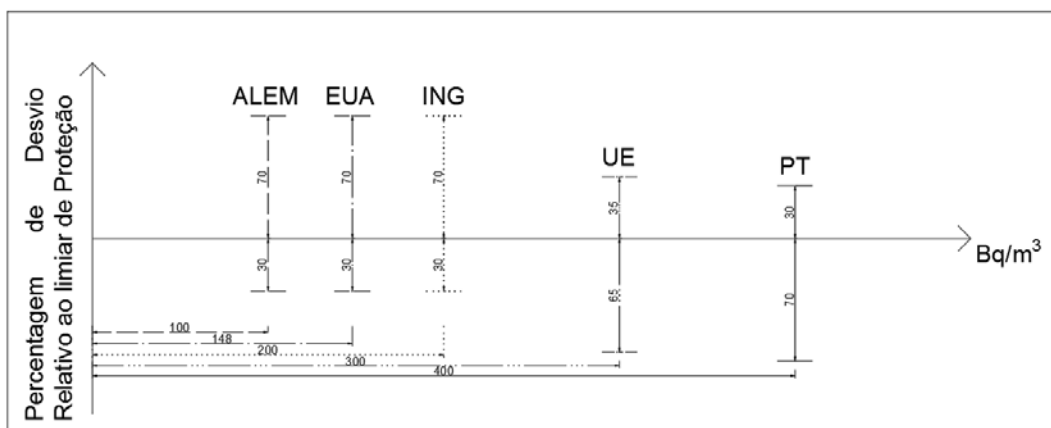


Gráfico 28 - Enquadramento das amostras com os limiares de proteção analisados

Dada a complexidade de reunir consenso de encontro ao limiar de proteção, estima-se que a União Europeia poderá estabelecer limiares mais próximos dos países da Alemanha, EUA ou Inglaterra, não só pela Diretiva mais atual ser de 2013 (EURATOM, 2013), mas sobretudo por se falar de uma questão de saúde pública.

Em face dos resultados obtidos na Dissertação, no âmbito de uma futura revisão regulamentar, preconiza-se que a concentração de radão não deve ser avaliada apenas pelo valor médio da sua concentração, mas também pelo tempo de exposição dos ocupantes ao agente agressor. Preconiza-se, desta forma, que o valor da concentração de gás radão, venha a ser fixado em 300 Bq/m³, não sendo possível exceder o referido valor em 10% do período de exposição dos ocupantes.

CAPÍTULO V. MEDIDAS DE REFORÇO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

O estudo da QAI dos edifícios instrumentados reveste-se de elevada complexidade, tendo sido apenas estabelecido ao nível da concentração de radão do ar interior da amostra monitorizada.

O presente capítulo pretende, de forma muito sintética, enunciar um conjunto de medidas de mitigação a implementar nos casos estudados.

As amostras A, E e J tratam-se de moradias desocupadas e para uma correta aplicação de medidas de mitigação, dever-se-ia repetir a instrumentação aquando a ocupação por parte dos moradores, permitindo relacionar os hábitos por parte dos ocupantes com a concentração do gás radão, por exemplo, se a ventilação é suficiente para não atingir valores acima do limiar de proteção vigente. Após repetição da instrumentação, caso a concentração de gás radão seja ainda superior ao limiar, poderá ser estudada a viabilidade da instalação de um sistema de ventilação mecânica. Este sistema pode ser, pela insuflação do ar, permitindo a introdução de ar novo, ou de retorno, no edifício/compartimento, ou pela extração do ar, do qual o ar é extraído do edifício/compartimento, ambas por uma rede de condutas associadas a um ventilador, podendo estes dois tipos de ventilação ser usado em simultâneo.

A amostra B é caracterizada pelo edifício reabilitado, na sua totalidade em granito sem qualquer revestimento pelo interior ou exterior, e pela ampliação em blocos de cimento areado e pintado. Esta característica é visível na diferença de concentrações de radão obtidas, atingindo valores acima do limiar de proteção no somente no edifício reabilitado. Apesar de o compartimento ter uma chaminé desobstruída a promoção de abertura de vãos exteriores, por parte dos ocupantes nas horas diurnas poderia reduzir a concentração do gás radão, mas provavelmente não o solucionaria. Devendo assim ser estudada a viabilidade da instalação do sistema mecânico, uma vez que medidas como o uso de barreiras “para radão” ou sistema de ventilação no pavimento são dispendiosas e poderiam não solucionar o problema dada a presença do granito á vista no interior da moradia.

O facto da amostra C ser caracterizada com períodos de ventilação de cerca de 7 horas diárias, retrata o exemplo de uma moradia sem necessidade de

implementação de medidas mitigadoras ao gás radão. Em comparação a amostra G também não necessita da implementação de medidas de mitigação por não encontrar valores acima dos 100 Bq/m³.

A amostra D é caracterizada com dois compartimentos com valores de concentração do gás radão distintos, sendo que a cozinha tem uma chaminé desobstruída, permitindo o arejamento do espaço e obtendo valor médio de concentração abaixo do limiar de proteção, já o quarto tem valores acima do limiar de proteção quase no dobro. A principal medida a ser aplicada deverá ser a abertura dos vãos exteriores no período diurno, repetindo a instrumentação com esta medida e verificando se é suficiente. Caso não seja suficiente deverá ser estudado a instalação do sistema mecânico ou ainda em caso extremo a aplicação de barreiras “para radão”, sendo esta última uma medida a ser bem estudada por se tratar de custo elevado, sendo necessário o levantamento do piso térreo e instalada a manta ou barreira impermeável ao radão, podendo ainda ser aplicado o sistema de despressurização ativa ou passiva, recorrendo à instalação de tubos que formam pontos de sucção, com auxílio de um exaustor (ativa) ou simplesmente por um tubo que depende da flutuação térmica do ar interior e da sua capacidade de aliviar a pressão do solo.

Para as amostras E, H e I não atingem em média o valor máximo aplicável em Portugal, apresentando valores em alguns compartimentos na ordem dos 300 Bq/m³, será necessário prever que a legislação brevemente será alterada e estes compartimentos serem alvo de implementação de medidas de mitigação. Na amostra E uma das soluções poderia ser a instalação de um sistema de ventilação mecânica pela chaminé por se tratar de uma cave sem vãos de abertura exterior, medidas como as barreiras ou mantas impermeáveis ao radão poderiam não ser suficientes dada a alvenaria ser em granito à vista pelo interior e o custo elevado acarretado poderia não justificar o seu uso. No entanto para as amostras E, H e I poder-se-ia promover a abertura de vãos exteriores.

A amostra F é um dos exemplos que a ventilação natural por si só não é suficiente uma vez que é diariamente arejada em períodos de 5 horas e mesmo assim o tempo de renovação de ar não é suficiente face ao armazenamento do gás radão no interior da amostra. Desta forma o sistema de ventilação deveria ser estudado quanto à sua eficácia para combater o problema.

CAPÍTULO VI. CONCLUSÃO

O facto das pessoas passarem maior parte do seu tempo em espaços interiores pressupõe o conhecimento da Qualidade do Ar Interior, permitindo avaliar a sua perigosidade quanto aos agentes patogénicos que poderão ser armazenados e facilmente transportado para as vias respiratórias humanas e consequentemente armazenadas nos pulmões.

Segundo a Organização Mundial de Saúde o gás radão é o segundo causador do cancro do pulmão, de seguida ao fumo de tabaco.

O gás radão é proveniente da desintegração radiativa do rádio, que por sua vez é um elemento da família radiativa do Urânio. Trata-se de um elemento radiativo de origem natural presente especialmente nas rochas graníticas e solos vulcânicos.

Por se tratar de uma rocha predominante em Portugal, o granito é sobretudo abundante nas Regiões Norte e Centro.

O objetivo da presente Dissertação foi medir as concentrações do gás radão, e também das características higrotérmicas, temperatura e humidade relativa, para poder, em traços gerais, propor medidas de mitigação, no caso em que excedam o limiar de proteção aplicável em Portugal.

Desta forma foram instrumentadas dez moradias, designadas de A a J, unifamiliares na Região Norte, mais propriamente no concelho de Barcelos, das quais foram selecionados dois compartimentos, distinguidos pelos números “1 e 2”, para o registo da concentração do gás radão, privilegiando os espaços de utilização mais longa por parte dos moradores.

O facto de três moradias estarem desocupadas durante a medição implica que as medições sejam repetidas aquando a habitação, para desta forma se avaliar as concentrações de radão em condições de ocupação.

De forma a serem propostas as medidas de mitigação mais adequadas a cada caso foi efetuado o levantamento dimensional das moradias e ainda o levantamento dos materiais construtivos. Foi ainda registada, aproximadamente, a ventilação de cada compartimento, o que permitiu concluir que a ventilação é o principal fator de mitigação à concentração do gás radão. Dada a troca dos fluxos de ar a concentração do gás radão reduziu sempre aquando a ventilação do compartimento.

Os resultados obtidos dos parâmetros temperatura e humidade permitiram afirmar que na maior parte dos casos a elevada concentração do gás radão está associada a temperaturas baixas e taxas de humidade relativa altas. Especialmente observadas em zonas de cave ou rés de chão, não só por serem mais frias e húmidas, mas também por estarem em contacto com o solo granítico.

No decorrer da análise dos resultados foi possível verificar a mudança da estação do ano, de verão (amostras A, B e C) para o outono (a partir da amostra D), associado, em geral, ao decréscimo de temperatura e aumento da taxa de humidade relativa.

De acordo com a norma aplicável em Portugal, Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro, no que diz respeito à concentração de gás radão, o valor limite de concentração no interior dos edifícios é de 400 Bq/m³. Este valor é inferior, em média em 30% dos compartimentos instrumentados, sendo que à luz da norma, 70% não precisam de implementação de medidas mitigadoras. Através da análise da Diretiva 2013/59/EURATOM de 5 de dezembro de 2013 a União Europeia estabelece que os estados membros não devem exceder concentrações de gás radão na ordem dos 300 Bq/m³, pelo que se parte do pressuposto que num futuro próximo, o valor limiar de proteção nacional irá ser revisto.

Avaliando os limiares de proteção em países como os Estados Unidos, Alemanha, Inglaterra e França, encontraram-se valores de 148 Bq/m³, 100 Bq/m³, 200 Bq/m³ e 400 Bq/m³, respetivamente, é possível concluir que não há consenso quanto ao valor limiar de proteção, no entanto a Organização de Saúde idealiza o valor de 100 Bq/m³, admitindo que não existe um valor inato ao qual quando em valores inferiores não se encontre risco de ocorrência de cancro do pulmão. Este último valor resulta na implementação de medidas mitigadoras em 70% dos compartimentos instrumentados.

Apesar de a ventilação ser o fator de mitigação principal, existem casos em que não é suficiente, desta forma é estudada a implementação de um sistema de ventilação mecânica que pode ser, pela renovação de ar, pela sua extração do ou até mesmo ambas. Quando verificada a ineficiência do sistema de ventilação mecânica será necessário prever o levantamento do piso térreo para instalação de sistema de ventilação do solo, permitindo que o radão não infiltre no edifício e/ou mantas impermeáveis ao radão.

CAPÍTULO VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE, A. (2009). Nota Técnica NT-SCE-02. *Metodologia para auditorias da QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE*.

APA. (Fevereiro de 2015). *Metodologia de Avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A/2013*. Obtido de (Visitado no dia 8 de agosto de 2016):

https://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ar%20Interior/Metodologia_Avaliacao_Qualidade_Ar_Interior_1.0.pdf

APA, A. P. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico*. Amadora: APA.

Appleton, J. (s.d.). *Construções em Betão*. Obtido de Nota Histórica sobre a Evolução: <http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/GDBAPE/ConstrucoesEmBetao.pdf>

Bfs, S. (2016). *Radon in Gebäuden*. Obtido de <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/gebaeude/gebaeude.html>

Carvalho, F. (9 de setembro de 2006). *Radão e Edifícios. Qualidade do Ar Interior*. Obtido de <http://revistas.ua.pt/index.php/captar/article/viewFile/2716/2568>:

<http://revistas.ua.pt/index.php/captar/article/viewFile/2716/2568>

Corentium AS. (2015). *Digital Radon Monitor System - User Manual*. Obtido de Canary pro: <http://www.kweather.co.kr/instru/userDownFiles/Canary-Pro-Monitor-Manual-English-V13.pdf>

Curado, A., & Lopes, S. (2016). IMPACT OF HUMAN OCCUPATION ON INDOOR RADON CONCENTRATION: A STUDY BASED ON IN-SITU MEASUREMENTS FOR A SET OF HOUSEHOLDS IN ALTO-MINHO, PORTUGAL. *BEHAVE 2016 - 4th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency* (pp. 0-11). Coimbra: IPVC, FEUP, Instituto de Telecomunicações.

DH, D. (2007). *Rules and Regulations for Radon Control*. Obtido de <http://sos.ri.gov/documents/archives/regdocs/released/pdf/DOH/4650.pdf>

DR, D. d. (2013). Portaria n.º353-A/2013.

EEA, E. E. (2013). *European Indoor Radon map, December 2011*. Obtido de <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/european-indoor-radon-map-december-2011>

EN15251. (2007). *Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings - Addressing Indoor air Quality*. Thermal Environment, Lighting and Acoustics, English Version.

EPA, U. S. (2013). National Radon Program.

EURATOM. (2013). Diretiva 2013/59/ EURATOM.

Ferreira, M. J. (2006). O radão nos Edifícios. *Minimização da Perigosidade*.

Ferreira, M. J., & Coelho, M. J. (s.d.). O radão nos edifícios - minimização da perigosidade.

Henschel, D. (1993). Radon reduction techniques for existing detached houses: technical guidance. Washington, D.C: US Environmental Protection Agency.

HPA, (. (2010). *Limitation of Human Exposure to Radon*. London: Health Protection Agency.

Hughes, C. e. (1993). *"Fontes naturais de radiação ionizante na Europa"*. Edições Green. Oslo, Norway: Comissão das Comunidades Europeias.

Hulka, J. e. (s.d.). *Radon programme in Czech Republic, Results, Experience and Future*. Obtido de SURO (National Radiation Protection Institute: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/36/010/36010955.pdf

ITN, I. T. (18 de setembro de 2011). *Radão um Gás radiactivo de origem natural*. Obtido de www.itn.pt/docum/relat/radao/itn_gas_radao.pps

J. Ginja, C. B.-A. (2012). Qualidade do Ar Interior nas Habitações Portugesas. Aveiro: Congresso de Inovação na Construção Sustentável.

LNEG. (1999). *As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento*. Obtido de LNEG Ciência Para Todos: http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/cartas/texto

LUSORADON. (2015). *Especialistas na medição e mitigação do radão*. Obtido de <https://www.lusoradon.com/>

Neto, M. (2015). *Qualidade do ar interior e os requisitos de ar novo numa unidade hospitalar: O caso do Hospital Escola Fernando Pessoa*. Porto: Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa.

Pinto, P. N., Pereira, A., & Neves, L. ((accessed 28-Fev-2016) de 2010). Modelação de Sistemas Geológicos. *O gás radão no contexto da legislação sobre a Qualidade do Ar Interior em*

edifícios - situação em Portugal, pp. 317-328. Obtido de O gás radão no contexto da legislação sobre a qualidade do ar interior em edifícios: situação em Portugal: <https://digitalisdsp.uc.pt/bitstream/10316.2/36312/1/O%20gas%20radao%20no%20contexto%20da%20legislacao.pdf?ln=pt-pt>

República, D. d. (4 de dezembro de 2013). Portaria n.º353-A/2013. *Regulamento de desempenho energético dos edifícios de Comércio e Serviços (RECS) Requisitos de ventilação e qualidade do ar interior*. Diário da República, 1ª Série - N.º235- 4 de dezembro de 2013.

Santé-Radon. (2017). *Se protéger du radon, simplement*. Obtido de Le radon et la législation: <http://www.sante-radon.com/le-radon/la-legislation-concernant-le-radon>

Santo, B. E. (Fevereiro de 2014). *Research Sectorial*. Obtido de Produção de Rochas Ornamentais: <http://www.novobanco.pt/site/cms.aspx?plg=bce069e9-8e48-439b-bf21-406dd37b7750>

Soares, P. J. (2011). *Determinação da Concentração de Radão num Estabelecimento de Ensino Público*. Covilhã: Universidade da Beira Interior.

TARTAN. (2 de setembro de 2014). *NEW HOMES & RADON GAS*. Obtido de <http://tartanhomes.com/new-homes-radon-gas/>

Teixeira, A. (2009). *Impacto da Norma de Conforto Europeia EN 15251 na certificação energética em edifícios de serviços*. Porto: FEUP.

Teixeira, C. (1976). *Acerca da Idade das Rochas Graníticas Portuguesas. Volume de homenagem ao Prof Don. Isidro Pondal*.

Teixeira, C., & Cândido, A. (1969). *Carta Geológica de Portugal - Folha 5C*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.

UNSCEAR, R. (2006). *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vol II*. UNSCEAR.

Valmari, T., Mäkeläinen, I., Reisbacka, H., & Arvela, H. (2010). *Radon Atlas of Finland 2010*. Obtido de RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY: <http://julkari.fi/bitstream/handle/10024/124319/stuk-a245.pdf?sequence=1>

WHO. (2000). *Air quality guidelines for Europe. Second Edition*. Copenhagen: WHO Regional Office.

WHO. (2009). *Handbook on Indoor Radon*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.

Zenha, A. G. (2015). *Previsão de Cheias em Barcelos*. Universidade do Minho.

ANEXOS

ANEXO1. Índice das amostras instrumentadas

Elemento da Amostra	Compartimento	Localização	Coordenadas GPS
A	A1 – Sala de Estar, A2 – Quarto	Rua da N ^a Sr ^a dos Remédios, Palme	41.587628, - 8.722063
B	B1 – Sala de Estar, B2 – Quarto	Rua da Agrela, Palme	41.587299, - 8.724007
C	C1 – Sala de Estar, C2 – Quarto	Rua da Fonte de Pedro, Palme	41.586550, - 8.724491
D	D1 – Sala de Estar, D2 – Quarto	Rua da Costa, Fragoso	41.618822, - 8.701741
E	E1 – Cozinha, E2 – Quarto	Rua do Paço, Palme	41.590422, - 8.728873
F	F1 – Sala de Estar, F2 – Quarto	Largo do Outeiro, Palme	41.588154, - 8.718020
G	G1 – Cozinha, G2 – Quarto	Rua de Palme, Palme	41.586401, - 8.716434
H	H1 – Cozinha, H2 – Quarto	Rua dos Marcelos, Palme	41.588575, - 8.725913
I	I1 – Cozinha, I2 – Quarto	Rua da N ^a Sr ^a dos Remédios, Palme	41.587504, - 8.721918
J	J1 – Cozinha, J2 – Quarto	Rua do Fulão, Fragoso	41.614315, - 8.712065

ANEXO2. Relação dos compartimentos com os materiais de construção existentes

	PRESENÇA DE GRANITO				Materiais construtivos						
	À vista		Oculto								
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Caixa de ar	ETIC'S	Tijolo	Isolamento Térmico	Gesso cartonado	Reboco	Pintura
Compartimento A1			x	x	x	x1			x2	x1	x
Compartimento A2	Não é envolvido por alvenaria granítica					x1	x**		x2		x
Compartimento B1	Não é envolvido por alvenaria granítica						x**			x	x
Compartimento B2	x	x									
Compartimento C1		x	x							x	x
Compartimento C2	x			x			x			x	x
Compartimento D1	x	x								x*	x*
Compartimento D2		x	x							x	x
Compartimento E1	x	x									
Compartimento E2		x	x							x	x
Compartimento F1		x	x		x				x		x
Compartimento F2		x	x		x				x		x
Compartimento G1		x	x		x		x			x	x
Compartimento G2		x	x		x		x			x	x
Compartimento H1		x	x							x	x
Compartimento H2		x	x							x	x
Compartimento I1		x	x							x	
Compartimento I2	Não é envolvido por alvenaria granítica				x		x			x	x
Compartimento J1		x	x							x	x
Compartimento J2		x	x							x	x

Legenda:

x* - apresenta ainda uma pequena percentagem de alvenaria rebocada e pintada e ainda com ladrilhos cerâmicos.

x1 - exterior

x2- interior

x** - bloco térmico

Tabela 1 - Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	22 de agosto	23 de agosto	24 de agosto	25 de agosto	26 de agosto	27 de agosto
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----					
10:00	-----					
11:00	-----					-----
12:00	-----	x				-----
13:00				x		-----
14:00						-----
15:00			x			-----
16:00			x			-----
17:00	x					-----
18:00	x					-----
19:00					x	-----
20:00						-----
21:00						-----
22:00						-----
23:00						-----
00:00						-----

Caracterização do edifício

A reabilitação desta moradia terminou no presente ano (2016). Antes da reabilitação revelava uma alvenaria em pedra granítica em toda a sua altura, mas aquando a fase do projeto de reabilitação, estabeleceu-se que apenas o rés-do-chão manteria a alvenaria granítica, no entanto revestida tanto pelo interior com placas de gesso cartonado com caixa de ar para as instalações técnicas, e revestida pelo exterior com o sistema ETIC'S areado e pintado.

A alvenaria exterior do primeiro piso foi substituída por bloco térmico, com colocação de placas de gesso cartonado e pintura pelo interior, e sistema ETIC'S pelo exterior, com posterior colocação de reboco e pintura.

As divisões interiores são executadas em placas de gesso cartonado, maximizando o espaço da moradia.

Esta medição foi efetuada no rés-do-chão que contempla a sala e a cozinha numa única área (tal como fotografias abaixo indicadoras), e uma casa de banho.

Foram registados períodos de ventilação de acordo com as manutenções por parte de familiares vizinhos.

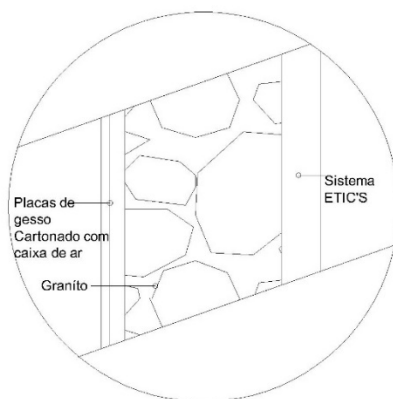
Ocupação da Habitação

É importante referir que na altura de medições a família não se encontrava na habitação, sendo os proprietários emigrantes, que vem cá passar férias na estação do Verão.

Objetivos

Uma vez que a alvenaria granítica foi revestida de ambas as faces, o objetivo passa por analisar o comportamento da QAI neste tipo de construção.

Pormenor construtivo da alvenaria exterior



Pormenor Alvenaria Exterior do R/CHÃO

Figura 1- Pormenor Construtivo Rés do Chão

Planta da divisão em estudo

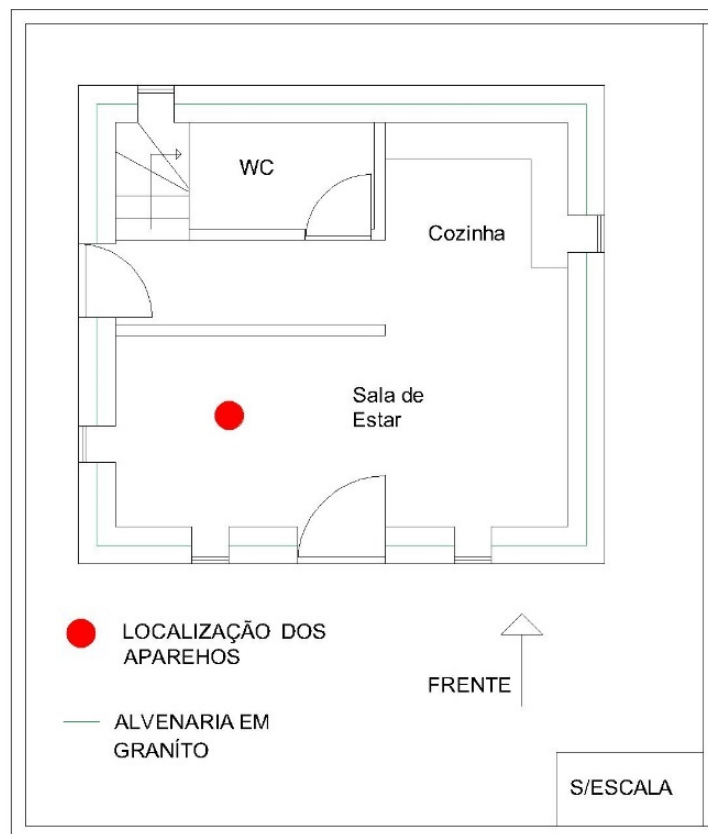


Figura 2 - Planta do Rés-do-chão

Registo Fotográfico



Figura 3- Habitação em estudo



Figura 4- Cozinha/Sala de Estar



Figura 5 - Sala de Estar



Figura 6-Sala de Estar/ Cozinha

ANEXO4. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada A2

Amostra: A Código: A2

Data de início das medições: 22 de agosto de 2016

Hora de Início: 12:58 h

Data de fecho das medições: 28 de agosto de 2016

Hora de fecho: 10:58 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41.587628, -8.722063

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim__ Quantas? __ Não_x__
 - Portas: Sim_x Quantas? 2 Exterior_x Interior_x Não__
 - Tipo de caixilharia: Alumínio e vidro duplo
 - Madeira
 - Chaminé: Sim__ Não_x Obs:
 - Fogão de Sala: Sim__ Não_x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente__ Não Existente_x
 - Extrator (ex. wc's): Existente__ Não Existente_x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

Uma vez que aquando as medições os habitantes não ocupavam a habitação, as frações ficam abertas e expostas ao arejamento do resto da habitação. A tabela abaixo registada representa a ventilação por parte do rés-do-chão que acaba por ventilar toda a habitação.

Tabela 2- Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	22 de agosto	23 de agosto	24 de agosto	25 de agosto	26 de agosto	27 de agosto
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----					
10:00	-----					
11:00	-----					-----
12:00	-----					-----
13:00		x		x		-----
14:00						-----
15:00			x			-----
16:00			x			-----
17:00	x					-----
18:00	x					-----
19:00					x	-----
20:00						-----
21:00						-----
22:00						-----
23:00						-----
00:00						-----

Caracterização do edifício

A reabilitação desta moradia terminou no presente ano (2016). Antes da reabilitação revelava uma alvenaria em pedra granítica em toda a sua altura, mas aquando a fase do projeto de reabilitação, estabeleceu-se que apenas o rés-do-chão manteria a alvenaria granítica, no entanto revestida pelo interior com placas de gesso cartonado com caixa de ar para instalações técnicas e pelo exterior com a aplicação de sistema ETIC'S. Sendo a alvenaria granítica presente no rés-do-chão totalmente “escondida”.

A alvenaria exterior do primeiro piso foi substituída por bloco térmico, com placas de gesso cartonado pelo interior e aplicação de sistema ETIC'S pelo exterior, rebocado e pintado.

As divisões interiores são executadas em pladur, maximizando o espaço da moradia.

Esta medição foi efetuada no primeiro piso onde se encontram três quartos e uma casa de banho (tal como fotografias e planta abaixo representadas).

O aparelho foi colocado em cima de uma das mesas de cabeceira, tal como fotografia 2 assim o mostra.

Os períodos de ventilação registados são correspondentes às interações de manutenção por parte de familiares vizinhos.

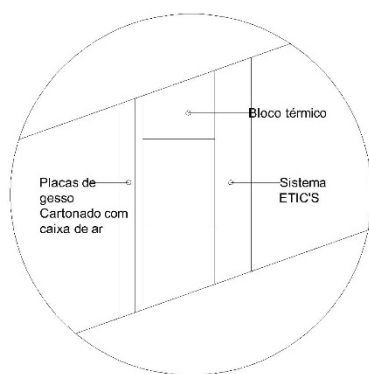
Ocupação da habitação

Na altura da instrumentação a família não se encontrava na habitação, sendo os proprietários emigrantes, que exclusivamente vem cá passar férias no período de Verão.

Objetivos

O principal objetivo será analisar a influência da alvenaria granítica do rés-do-chão no primeiro piso, sendo que este ultimo é em paredes de bloco térmico.

Pormenor construtivo de alvenaria exterior



**Pormenor Alvenaria Exterior do 1º
Piso**

Figura 7 - Pormenor da alvenaria exterior da fração instrumentada

Planta da divisão em estudo

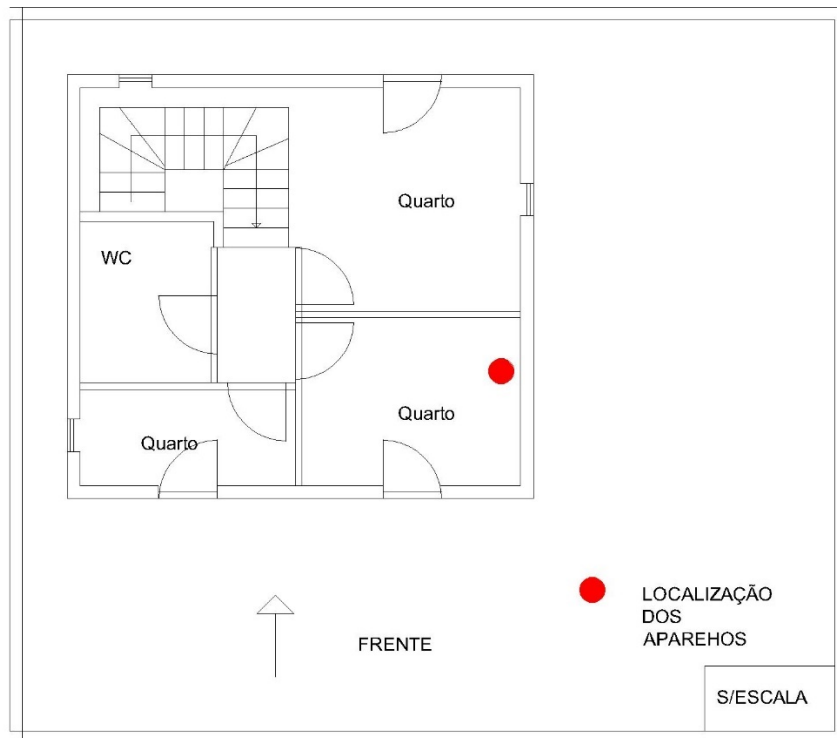


Figura 8 - Planta da habitação em estudo

Registo Fotográfico



Figura 9- Habitação em estudo



Figura 10- Quarto em estudo



Figura 11- Porta Exterior do quarto em estudo

ANEXO5. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada B1

Amostra: B Código: B1

Data de início das medições: 29 de agosto de 2016

Hora de Início: 21:47 h

Data de fecho das medições: 3 de setembro de 2016

Hora de término: 11:47 h

Fração instrumentada: Sala

Coordenadas GPS: 41.587299, -8.724007

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? Não x
- Portas: Sim x Quantas? 2 Exterior x Interior x Não
 - Tipo de caixilharia: Alumínio e vidro duplo
- Chaminé: Sim x Não Obs:
- Fogão de Sala: Sim x Não x Obs:
- Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
- Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
- Outro tipo de ventilação. Qual?

O registo diário de ventilação em baixo representado em forma de tabela refere-se principalmente às interações do exterior com o interior. Será importante referir que todos os dias entre as 12h:30 e as 13h: 30 e as 19:30 e as 20:30 h o exaustor da cozinha é ligado para extração de fumos. Esta referência torna-se indispensável uma vez que não existe vãos de separação entre a fração instrumentada e a cozinha.

Esta medição é ainda afetada por um erro de medição uma vez que não teve os 5 dias de registo de concentrações.

Tabela 3 - Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	29 de agosto	30 de agosto	31 de agosto	1 de setembro	2 de setembro	3 de setembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----					
10:00	-----				x	<u>x</u>
11:00	-----			x	x	-----
12:00	-----	-		x	x	-----
13:00	-----	x	x*	x	x	-----
14:00	-----	x	x*	x	x	-----
15:00	-----		x*		x	-----
16:00	-----					-----
17:00	-----					-----
18:00	-----					-----
19:00	-----	x*				-----
20:00	-----					-----
21:00	-----					-----
22:00						-----
23:00						-----
00:00						-----

x* - Porta da cozinha

x - Janela do quarto

x - Janela do alçado principal
(sala)

Caracterização do edifício

O edifício em estudo foi reabilitado e ampliado no ano 2015, sendo que a reabilitação manteve o edifício em alvenaria granítica, ficando esta á vista, tanto pelo exterior como pelo interior.

A ampliação é em alvenaria de tijolo térmico com reboco e pintura de acabamento, sendo somente a parede de encosto ao terreno vizinha em granito (figura 3).

A moradia de tipologia T4 com 4 quartos, uma sala de estar, WC's e cozinha no primeiro piso e no rés-do-chão encontra-se a garagem, os arrumos e no edifício granítico um quarto (não utilizado).

A medição efetuada tem como envolventes, alvenaria interior em tijolo de 11 e um vão exterior envidraçado.

Ocupação da Habitação

A família residente é constituída pelos pais e duas filhas, com idades entre os 18 e os 6 anos, que habita no edifício diariamente, aquando as medições.

Objetivos

Esta medição apresenta especial importância, sendo que se encontra numa área completamente rodeada pela pedra granítica, com face à vista.

Pormenor de parede divisória

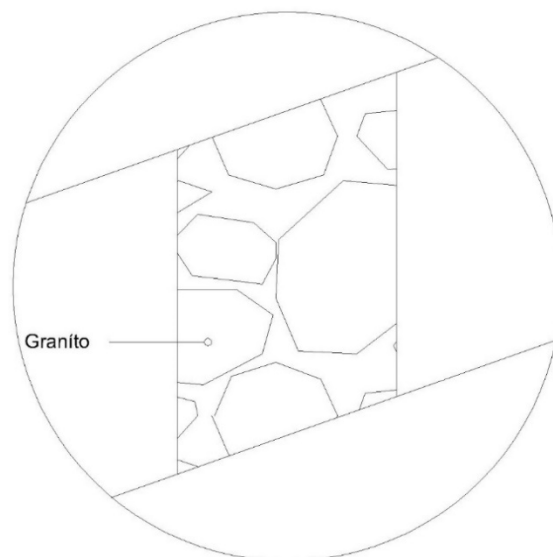


Figura 12 - Pormenor de Alvenaria Exterior

Planta da divisão em estudo:

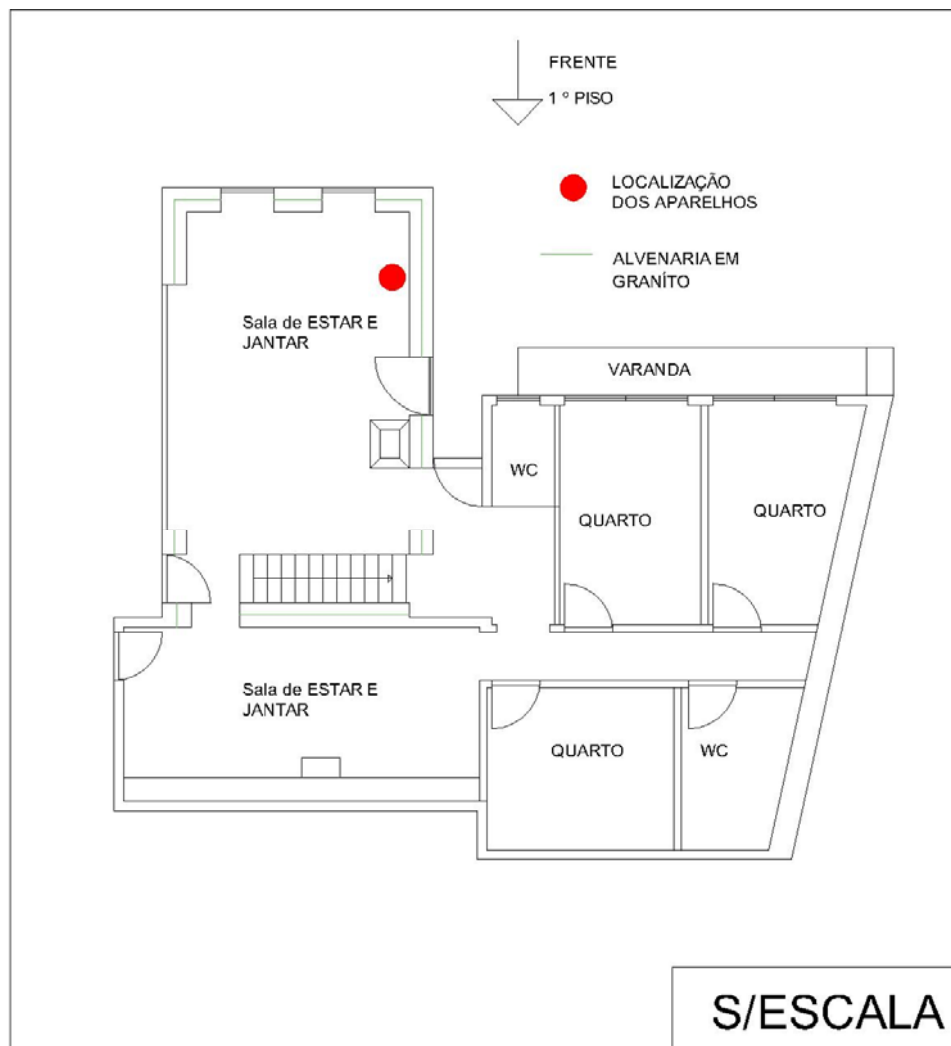


Figura 13 - Planta de 1º Piso

Registo Fotográfico



Figura 14-Edifício em Estudo



Figura 15 - Sala de estar / pormenor de interação de frações



Figura 16 – Pormenor de vãos envidraçados



Figura 17 – Pormenor de vão envidraçado

ANEXO6. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada B2

Amostra: B Código: B2

Data de início das medições: 29 de agosto de 2016

Hora de Início: 21:48 h

Data de fecho das medições: 3 de setembro de 2016

Hora de fecho: 11:48h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41.587299, -8.724007

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim___ Quantas? ___ Não_x__
- Portas: Sim__x_ Quantas? _2_ Exterior_x_ Interior_x_ Não___
 - Tipo de caixilharia: Alumínio e vidro duplo
- Chaminé: Sim ___ Não_x_ Obs:
- Fogão de Sala: Sim___ Não_x_ Obs:
- Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente___ Não Existente_x_
- Extrator (ex. wc's): Existente___ Não Existente_x_
- Outro tipo de ventilação. Qual?

O registo diário de ventilação em baixo representado em forma de tabela refere-se principalmente às interações do exterior com o interior. Esta divisão apenas foi arejada um dia tal como a tabela seguinte o indica.

Esta medição é ainda afetada por um erro de medição uma vez que não teve os 5 dias de registo de concentrações.

Tabela 4 - Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	29 de agosto	30 de agosto	31 de agosto	1 de setembro	2 de setembro	3 de setembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----					
10:00	-----				x	<u>x</u>
11:00	-----			x	x	-----
12:00	-----	-		x	x	-----
13:00	-----	x	x*	x	x	-----
14:00	-----	x	x*	x	x	-----
15:00	-----		x*		x	-----
16:00	-----					-----
17:00	-----					-----
18:00	-----					-----
19:00	-----	x*				-----
20:00	-----					-----
21:00	-----					-----
22:00						-----
23:00						-----
00:00						-----

x* - Porta da cozinha

x - Janela do quarto

x - Janela do alçado principal
(sala)

Caracterização do edifício

O edifício em estudo foi reabilitado e ampliado no ano 2015, sendo que a reabilitação manteve o edifício em alvenaria granítica, ficando esta á vista, tanto pelo exterior como pelo interior.

A ampliação é em alvenaria de tijolo térmico com reboco e pintura de acabamento, sendo somente a parede de encosto ao terreno vizinha em granito (figura 3).

A moradia de tipologia T4 com 4 quartos, uma sala de estar, WC's e cozinha no primeiro piso e no rés-do-chão encontra-se a garagem, os arrumos e no edifício granítico um quarto (não utilizado).

A medição efetuada tem como envolventes, alvenaria interior em tijolo de 11 e um vão exterior envidraçado.

Ocupação da Habitação

A família residente é constituída pelos pais e duas filhas, com idades entre os 18 e os 6 anos, que habita no edifício diariamente, aquando as medições.

Objetivos

A exposição direta face ao granito torna de especial análise a análise da QAI, o quarto é a divisão mais próxima da libertação de granito, não sendo uma divisão em construção granítica. Pretende-se assim avaliar a propagação do gás radão á ampliação da moradia.

Pormenor de parede divisória

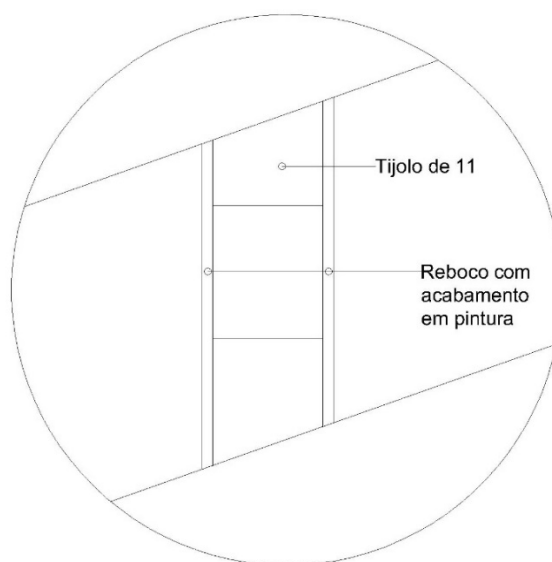


Figura 18 - Pormenor de Parede divisória

Planta da divisão em estudo

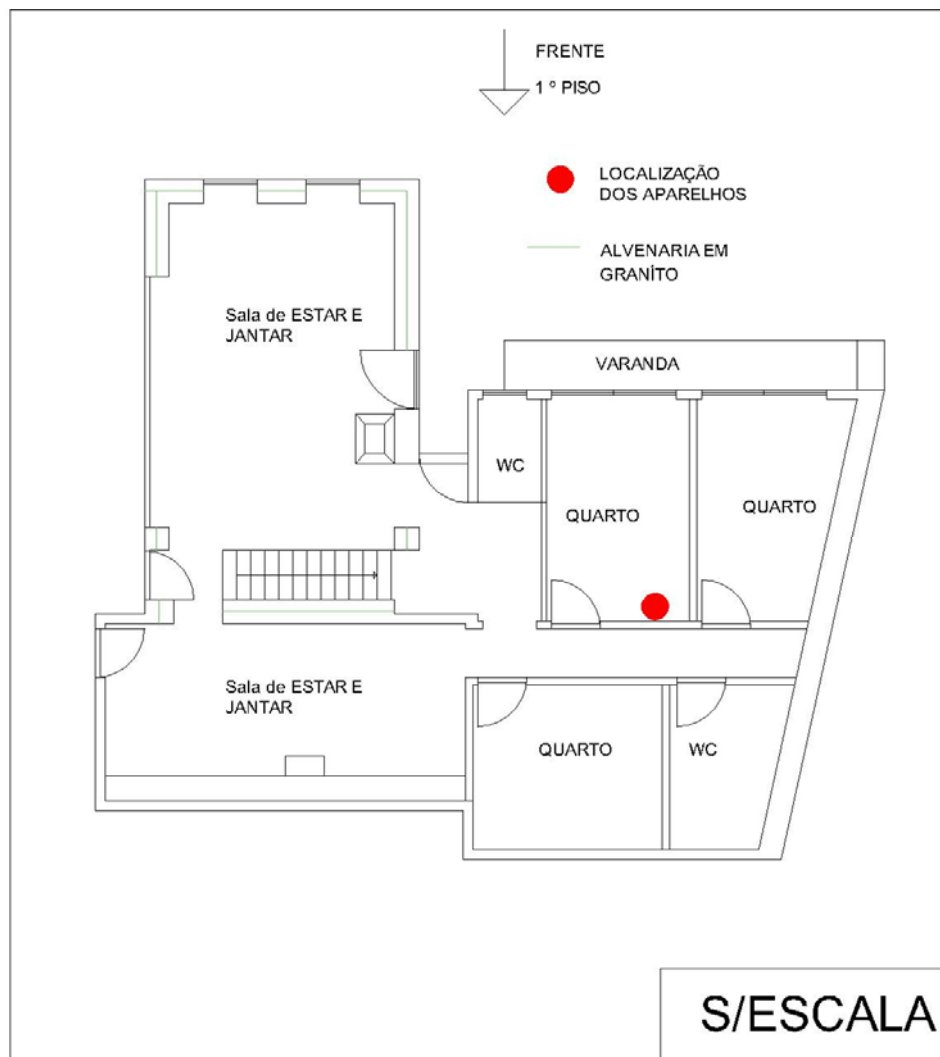


Figura 19 - Planta de 1º Piso

Registo Fotográfico



Figura 20-Edifício em Estudo



Figura 21- Quarto em estudo

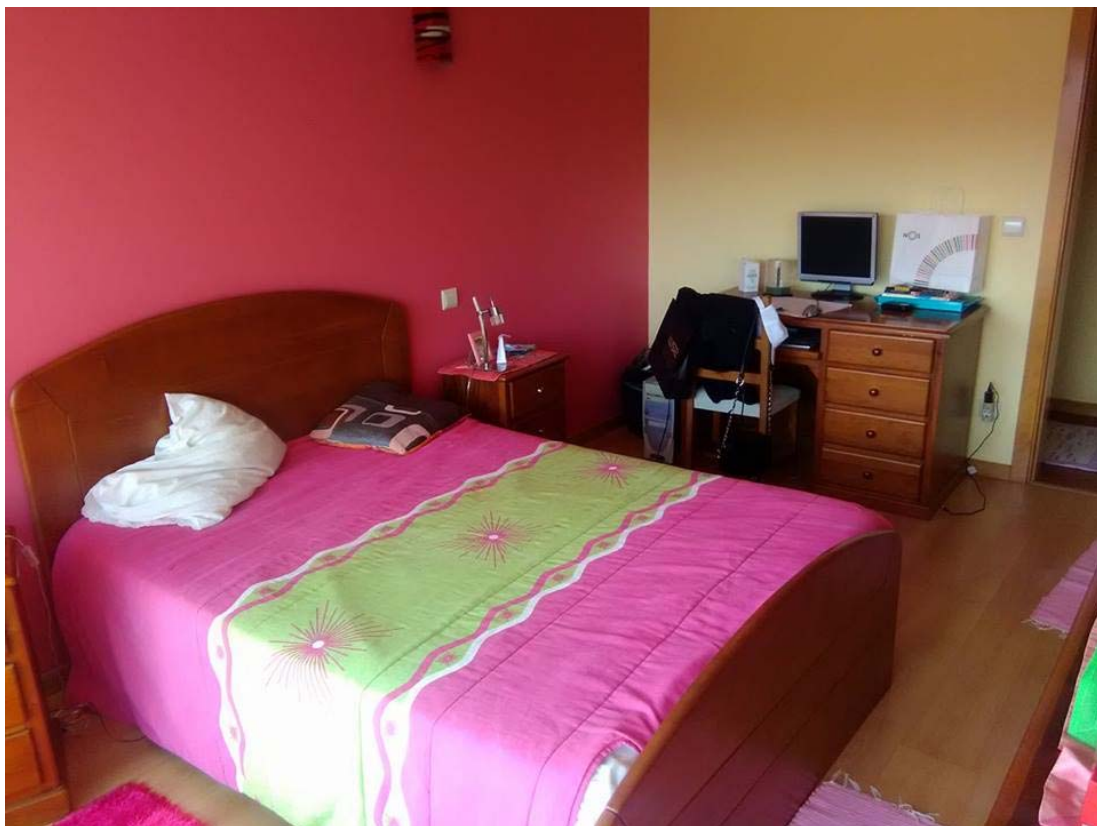


Figura 22-Quarto em estudo 2

ANEXO7. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada C1

Amostra: C Código: C1

Data de início das medições: 3 de setembro de 2016

Hora de Início: 19:16 h

Data de fecho das medições: 8 de setembro de 2016

Hora de fecho: 23:16 h

Fração instrumentada: Sala

Coordenadas GPS: 41.586550, -8.724491

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? Não
- Portas: Sim x Quantas? 2 Exterior x Interior x Não
 - Tipo de caixilharia: alumínio com vidro simples
- Chaminé: Sim Não x Obs:
- Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
- Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
- Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
- Outro tipo de ventilação. Qual?

O facto de os moradores se encontrarem por casa, o registo de ventilação é elevado, a sala é afetada pela ventilação da cozinha uma vez que a porta que as separa está sempre aberta, facilitando o arejamento da moradia.

Tabela 5 - Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	3 de setembro	4 de setembro	5 de setembro	6 de setembro	7 de setembro	8 de setembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----	x	x	x	x	x
09:00	-----	x	x	x	x	x
10:00	-----	x	x	x	x	x
11:00	-----	x	x	x	x	x
12:00	-----	x	x	x	x	x
13:00	-----	x	x	x	x	x
14:00	-----	x	x	x	x	x
15:00	-----	x	x	x	x	x
16:00	-----	x	x	x	x	x
17:00	-----	x	x	x	x	
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
00:00						

x - Abertura da janela do quarto e porta da cozinha

Caracterização do edifício

O edifício habitacional trata-se de um T1 já construído na década de 80, sendo nessa altura reabilitada uma casa toda ela em pedra, tendo sido ampliada a sala da moradia.

A moradia além de um quarto possui uma sala de estar, wc e cozinha no primeiro piso sendo o rés-do-chão dirigido á adega. Até á divisão da sala as alvenarias são em pedra

granítica, e aproveitou-se o facto aquando da ampliação, deixar uma parede de granito à vista na sala.

Esta divisão é afetada por uma face à vista de granito, mas a sua alvenaria exterior é em bloco de cimento, uma vez que resultou da sua ampliação. Encontrando ainda grandes vãos em caixilharia simples de alumínio.

Ocupação da Habitação

O casal residente, encontra-se em casa no dia a dia, e o facto de ter o hábito de arejar diariamente a casa, torna esta excessivamente ventilada.

Objetivos

Ao obter granito à vista no interior da moradia, seria de esperar grandes concentrações de radão, mas uma vez que se torna uma moradia muito ventilada, pretende-se avaliar a concentração de ambiente neste caso.

Pormenor de parede divisória

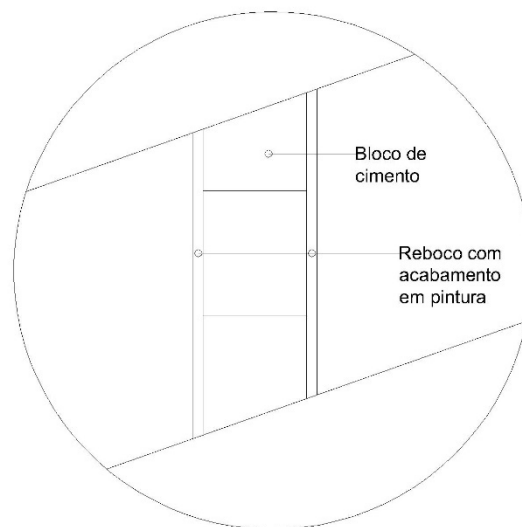


Figura 23 - Pormenor de Alvenaria Exterior

Planta da divisão em estudo

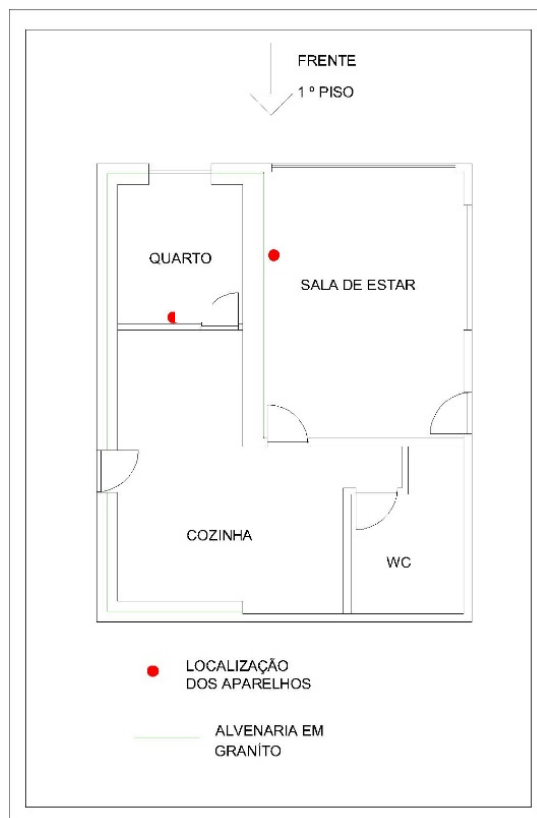


Figura 24 - Planta de Piso, sem escala

Registo Fotográfico



Figura 25 - Habitação em estudo-Amostra C



Figura 26 - Sala de Estar



Figura 27 - Sala de estar

ANEXO8. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada C2

Amostra: C Código: C2

Data de início das medições: 3 de setembro de 2016

Hora de Início: 19:16 h

Data de fecho das medições: 8 de setembro de 2016

Hora de Fecho: 23: 16 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41.586550, -8.724491

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? Não
 - Portas: Sim x Quantas? Exterior x Interior x Não
 - Tipo de caixilharia: alumínio com vidro simples
 - Madeira
 - Chaminé: Sim Não x Obs:
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

O facto de os moradores se encontrarem por casa torna o registo de ventilação elevado, a janela do quarto é aberta por volta das 8:00 h da manhã e fechada às 17:00h, como tabela abaixo assim o regista, criando correntes de ar, com a porta da cozinha.

Tabela 6 - Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	3 de setembro	4 de setembro	5 de setembro	6 de setembro	7 de setembro	8 de setembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----	x	x	x	x	x
09:00	-----	x	x	x	x	x
10:00	-----	x	x	x	x	x
11:00	-----	x	x	x	x	x
12:00	-----	x	x	x	x	x
13:00	-----	x	x	x	x	x
14:00	-----	x	x	x	x	x
15:00	-----	x	x	x	x	x
16:00	-----	x	x	x	x	x
17:00	-----	x	x	x	x	
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
00:00						

x - Abertura da janela do quarto e porta da cozinha

Caracterização do edifício

O edifício habitacional trata-se de um T2 já construído na década de 80, sendo nessa altura reabilitada uma casa toda ela em pedra, tendo sido ampliada a sala da moradia.

A moradia além de um quarto possui uma sala de estar, wc e cozinha no primeiro piso sendo o rés-do-chão dirigido á adega. Até á divisão da sala as alvenarias são em pedra

granítica, e aproveitou-se o facto aquando da ampliação, deixar uma parede de granito à vista na sala.

A alvenaria exterior é em pedra granítica, de face à vista pelo exterior, sendo rebocada e pintada pelo seu interior.

Ocupação da habitação

O casal residente, encontra-se em casa no dia a dia, e o facto de ter o hábito de arejar diariamente a casa, torna esta excessivamente ventilada.

Objetivos

O principal objetivo é analisar o comportamento desta divisão face à sua utilização e arejamento. Tentando perceber assim a infiltração do gás radão no interior da moradia.

Pormenor de parede divisória



Figura 28 - Pormenor da alvenaria Exterior

Planta da divisão em estudo



Figura 29 - Planta do 1.º Piso

Registo Fotográfico



Figura 30 - Habitação em estudo-Amostra C



Figura 31 - Quarto

ANEXO9. Ficha de caracterização da subamostra instrumentada D1

Amostra: D Código: D1

Data de início das medições: 2 de outubro de 2016

Hora de Início: 16:09h

Data de fecho das medições: 7 de outubro de 2016

Hora de fecho: 23:09 h

Fração instrumentada: Sala

Coordenadas GPS: 41.618822, -8.701741

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? Não
 - Portas: Sim x Quantas? Exterior x Interior x Não
 - Tipo de caixilharia
 - Madeira com vidro simples
 - Chaminé: Sim x Não Obs:
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs: Possui lareira
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

O registo abaixo indicado é referente a grandes períodos de abertura da porta da cozinha, com fins de manutenção da moradia. Uma vez que não tem exaustor a extração de fumo deve-se apenas à chaminé.

Tabela 7 - Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	2 de outubro	3 de outubro	4 de outubro	5 de outubro	6 de outubro	7 de outubro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----					
10:00	-----					
11:00	-----					x
12:00	-----		x		x	x
13:00	-----					x
14:00						
15:00						
16:00				x		
17:00						
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
00:00						

x - Abertura da porta da cozinha

Caracterização do edifício

Casa rústica com tipologia T3 com três quartos, um deles suite, duas casas de banho, sala integrada na cozinha, construída sob maciço granítico e toda ela em alvenaria do mesmo (granito). Construída ainda no presente século, trata-se de uma moradia habitada temporariamente, nomeadamente aquando as medições.

É importante mencionar a existência da lareira no espaço reservado à cozinha, não tendo qualquer obstrução da mesma (completamente exposta) e sem exaustor. O que permite a ventilação diária neste espaço que faz de cozinha e sala de jantar e estar. O que também justifica as baixas temperaturas e as altas concentrações de humidade.

Ocupação da habitação

Os residentes desta moradia, são dois jovens na casa dos 25 anos que estão fora o dia todo, usufruindo da mesma apenas para dormir.

Objetivos

Avaliar a concentração de radão em moradia completamente construída por alvenarias graníticas. Sendo em face á vista, tano pelo interior como pelo exterior, e ainda, assentes sobre maciço rochoso granítico.

Pormenor de parede divisória

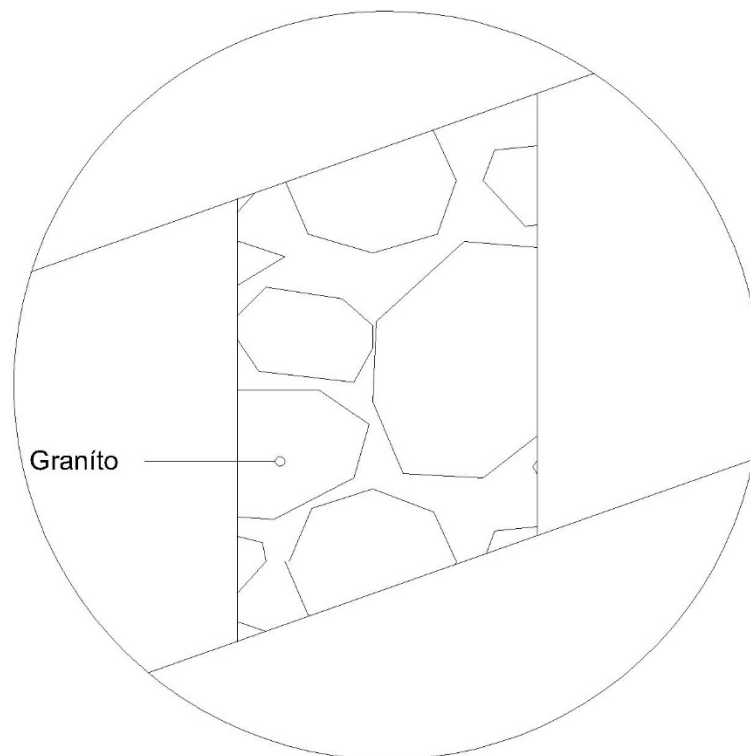


Figura 32 - Pormenor de Alvenaria Exterior

Planta da divisão em estudo

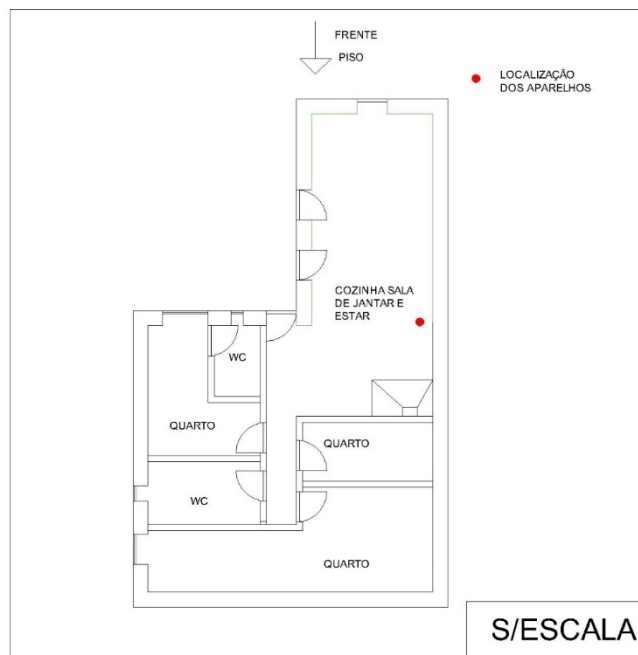


Figura 33 - Planta de Piso

Registo Fotográfico



Figura 34 - Moradia em estudo



Figura 35- Sala de Estar/ Jantar e Cozinha



Figura 36- Sala de estar/ Jantar e Cozinha



Figura 37- Chaminé da Cozinha, Sala de Estar e Jantar

ANEXO10.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada D2

Amostra: D Código: D2

Data de início das medições: 2 de outubro de 2016

Hora de Início: 16:10h

Data de fecho das medições: 7 de outubro de 2016

Hora de fecho: 23:10 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41.618822, -8.701741

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? 1 Não
 - Portas: Sim x Quantas? 1 Exterior Interior x Não
 - Tipo de caixilharia
 - Madeira com vidro simples
 - Chaminé: Sim Não x Obs:
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente x Não Existente
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

No decorrer das medições o vão envidraçado com relevância para a fração em estudo situa-se na casa de banho a ela anexa, como se pode verificar na figura 4, tendo este ficado aberto o tempo todo no decorrer das medições, durante a noite a porta do wc é fechada.

Caracterização do edifício

Trata-se de um T3 com casa de banho e cozinha integrada na sala de estar e jantar. A moradia possui é apenas ao nível do rés-do-chão, construída sob maciço granítico e toda

ela em alvenaria do mesmo (granito). Construída ainda no presente século, trata-se de uma moradia habitada temporariamente, nomeadamente aquando as medições.

Situando-se este perto da cozinha e sala de estar, está separado por dois vãos de madeira, o que o torna um potencial acumulador de concentrações do gás radão. Foi escolhido exatamente por se encontrar nas proximidades da outra divisão em estudo, para perceber se haveria alguma interferência do efeito da ventilação pela chaminé.

Ocupação da habitação

Os residentes desta moradia, são dois jovens na casa dos 25 anos que estão fora o dia todo, usufruindo da mesma apenas para dormir.

Objetivos

Avaliar a concentração de radão num local menos exposto à ventilação.

Pormenor de parede divisória

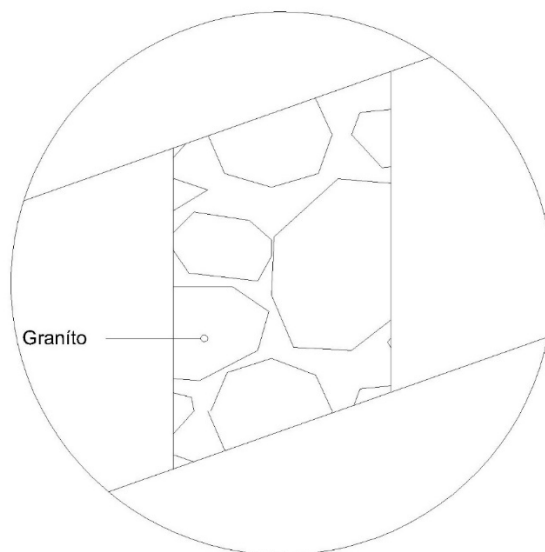


Figura 38 - Pormenor de Alvenaria Exterior

Planta da divisão em estudo

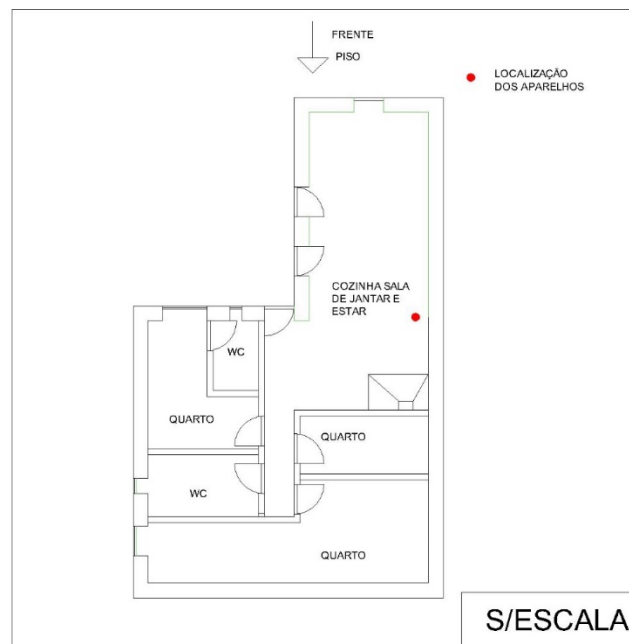


Figura 39 - Planta de Piso

Registo Fotográfico



Figura 40 - Moradia em estudo



Figura 41-Suite

ANEXO11.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada E1

Amostra: E Código: E1

Data de início das medições: 9 de outubro de 2016

Hora de Início: 16: 16 h

Data de fecho das medições: 14 de outubro de 2016

Hora de fecho: 23: 16 h

Fração instrumentada: Cozinha

Coordenadas GPS: 41.590422, -8.728873

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim__ Quantas? __ Não x
 - Portas: Sim x Quantas? __ Exterior__ Interior x Não__
 - Tipo de caixilharia
 - Madeira nas portas interiores
 - Chaminé: Sim x Não__ Obs:
 - Fogão de Sala: Sim__ Não x Obs: Possui lareira e exaustor
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente__ Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente__ Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

A inexistência de janelas na cozinha, torna a chaminé o único meio de ventilação existente. Sendo que se encontra desobstruída. Possui ainda exaustor mas o mesmo não foi utilizado aquando a instrumentação.

Caracterização do edifício

Casa rústica com tipologia T1 com um quarto, uma casa de banho, sala no primeiro piso e a cozinha na cave, construída sob maciço granítico sendo utilizada a calçada portuguesa no chão (casa reabilitada á cerca de dez anos). Com arquitetura tradicional portuguesa, fazendo jus ao uso da pedra granítica.

A cozinha possui uma lareira totalmente livre de equipamentos que a impeçam a livre ventilação da divisão em estudo, presencia ainda baixas temperaturas e grandes concentrações de humidade exactamente pela ventilação por parte da chaminé.

Ocupação da habitação

Trata-se de uma casa para alugar para férias, em que os proprietários moram a pouco menos de vinte metros de distância, o que facilita o seu aceso e o seu uso para arrumações, ou demais necessidades que possam surgir.

Objetivos

A arquitetura, assente em construção granítica, torna a moradia um potencial armazenador de concentrações gás radão. Mesmo não sendo habitada a tempo inteiro, o facto de ser utilizada apenas no verão como casa de férias, faz com que seja necessário avaliar a qualidade do ar interior.

Pormenor de parede divisória

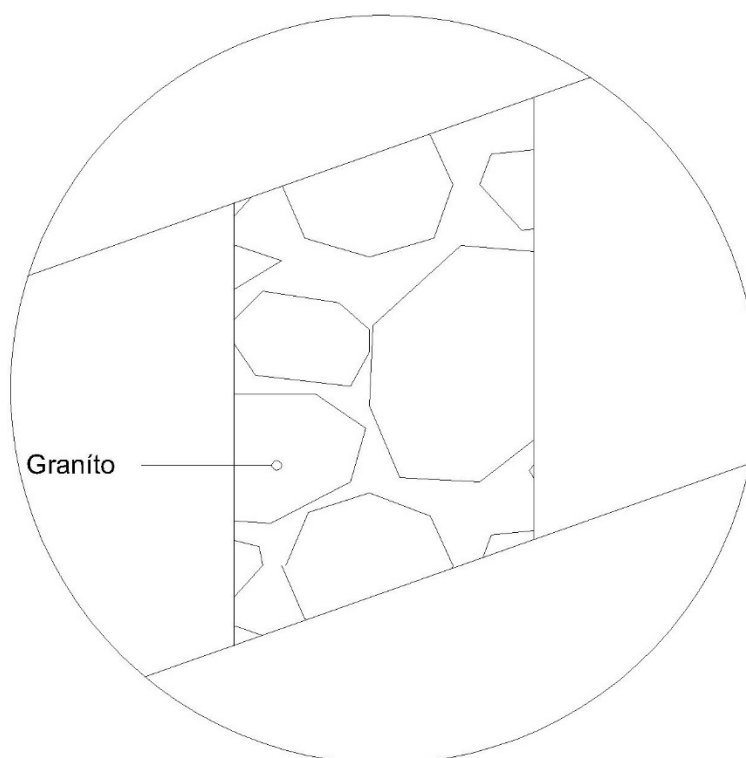


Figura 42 - Pormenor de Alvenaria Exterior

Planta da divisão em estudo

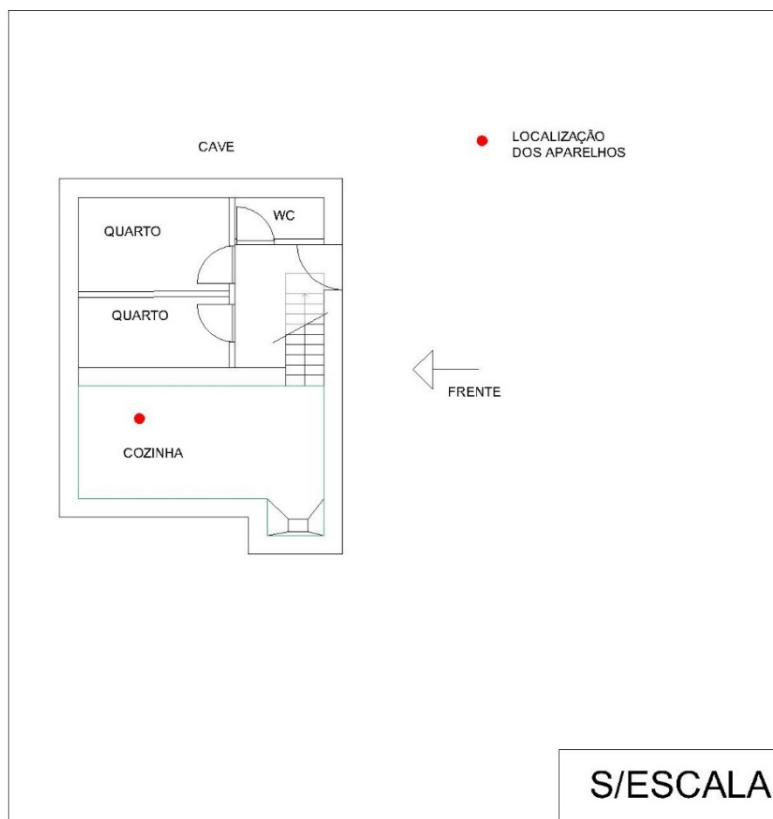


Figura 43 - Planta de Cave

Registo Fotográfico



Figura 44- Moradia em Estudo



Figura 45- Cozinha / Pormenor sem vãos exteriores



Figura 46 - Pormenor de lareira existente

ANEXO12.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada E2

Amostra: E Código: E2

Data de início das medições: 9 de outubro de 2016

Hora de Início: 16:15h

Data de fecho das medições: 14 de outubro de 2016

Hora de fecho: 23: 15 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41.590422, -8.728873

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? Não
 - Portas: Sim x Quantas? Exterior x Interior x Não
 - Tipo de caixilharia
 - Madeira com vidro simples e portadas interiores me madeira
 - Chaminé: Sim Não x Obs:
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

A ventilação registada na tabela abaixo, representa a abertura da janela da fração instrumentada (figura 4), não sendo esta ocupada, mas por questões de manutenção é normalmente arejada tal como tabela indica.

Tabela 8 - Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	9 de outubro	10 de outubro	11 de outubro	12 de outubro	13 de outubro	14 de outubro
HORAS DO DIA						
01:00	-----		x	x		
02:00	-----		x	x		
03:00	-----		x	x		
04:00	-----		x	x		
05:00	-----		x	x		
06:00	-----		x	x		
07:00	-----	x	x	x		
08:00	-----		x	x		
09:00	-----		x	x		
10:00	-----		x	x		
11:00	-----		x	x		
12:00	-----		x	x		
13:00	-----		x	x		
14:00	-----		x	x		
15:00	-----		x	x		
16:00			x	x	x	
17:00			x	x	x	
18:00		x	x	x		
19:00		x	x	x		x
20:00		x	x	x		x
21:00		x	x	x		
22:00		x	x	x		
23:00		x	x			
00:00		x	x			

x - Abertura da janela do quarto

Caracterização do edifício

Casa rústica com tipologia T1 com um quarto, uma casa de banho e sala no primeiro piso e a cozinha na cave, sendo de 1 piso (cave +1).

O quarto é constituído por alvenaria granítica pelo exterior e areado e pintado pelo seu interior, tem uma janela e uma porta de acesso ao exterior, além da porta interior.

Ocupação da habitação

A moradia é de aluguer nos períodos de verão, em que os proprietários moram a pouco menos de vinte metros de distância, o que facilita o seu aceso e o seu uso para arrumações, ou manutenções.

Objetivos

Analisar o comportamento do edifício face à sua inutilização, mas com grande uso da pedra granítica na sua construção, e registar as concentrações de radão, procurando perceber se são significativas.

Pormenor de parede divisória



Figura 47 - Pormenor de Alvenaria Exterior

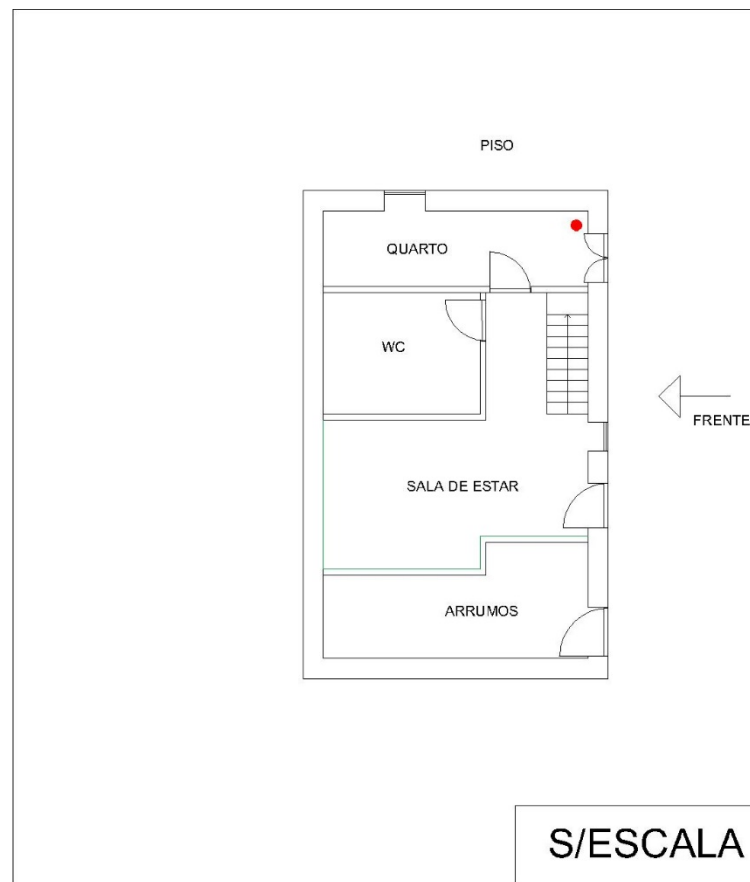
Planta da divisão em estudo*Figura 48- Planta de Piso***Registo Fotográfico***Figura 49- Moradia em Estudo*



Figura 50 - Quarto / Pormenor de Janela

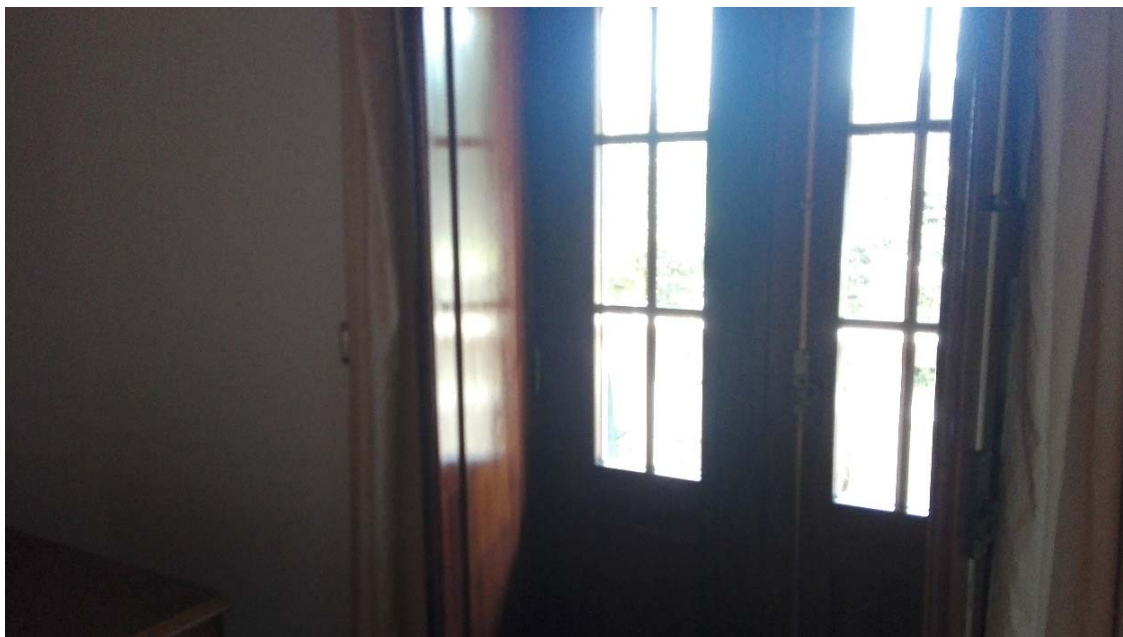


Figura 51 - Porta de acesso ao exterior do quarto

ANEXO13.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada F1**Amostra: F Código: F1****Data de início das medições: 19 de outubro de 2016****Hora de Início: 21:24h****Data de fecho das medições: 24 de outubro de 2016****Hora de fecho: 23: 24 h****Fração instrumentada: Sala de Estar****Coordenadas GPS: 41.588154, -8.718020****Descrição do local:****Esquema de Ventilação:**

- Janelas Sim x Quantas? Não
 - Portas: Sim x Quantas? Exterior x Interior x Não
 - Tipo de caixilharia
 - Alumínio na porta e alumínio com vidro duplo nas janelas
 - Chaminé: Sim x Não Obs: Exaustor
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

O registo de ventilação na tabela abaixo indicado diz respeito à abertura da janela da cozinha correspondente ao alçado lateral esquerdo e á abertura do quarto instrumentada.

Tabela 9 - Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	19 de outubro	20 de outubro	21 de outubro	22 de outubro	23 de outubro	24 de outubro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----					
10:00	-----					
11:00	-----	x	x	x	x	x
12:00	-----	x	x	x	x	x
13:00	-----	x	x	x	x	x
14:00	-----	x	x	x	x	x
15:00	-----	x	x	x	x	x
16:00	-----	x	x	x	x	x
17:00	-----	x	x	x	x	x
18:00	-----					
19:00	-----					
20:00	-----					
21:00	-----					
22:00						
23:00						
00:00						

x - Abertura da janela do quarto e da cozinha

Caracterização do edifício

A habitação de tipologia T4, quatro quartos, um deles suite, uma casa de banho, dispensa/arrumos, sala de estar integrada na cozinha, reabilitada no presente ano (2016).

Esta habitação consiste numa remodelação da cave de uma moradia existente com um piso. Esta cave por si só com paredes exteriores em pedra granítica, revestidos pelo

interior com pladur. No alçado principal e lateral direito é possível visualizar a presença granítica na alvenaria, sendo que o alçado posterior é enterrado (ver figura 3).

As paredes interiores são em tijolo rebocadas e pintadas. Apresentam alguns vãos exteriores, e ainda alguns pontos de ventilação tal como nas fotografias abaixo representam. O piso é revestido a mosaicos cerâmicos.

Ocupação da habitação

A habitação presencia um jovem casal com duas filhas entre os 2 e os 6 anos de idade, que aquando as medições usufruíam da sua comodidade. Sendo a cozinha a única fração não utilizada, uma vez que as refeições não foram efetuadas na moradia.

Objetivos

Sendo a cave de uma moradia habitada também no seu piso, torna a concentração de radão mais presente, uma vez que além de assente em solo granítico, também possui alvenarias exteriores no mesmo material.

Pormenor de parede exterior

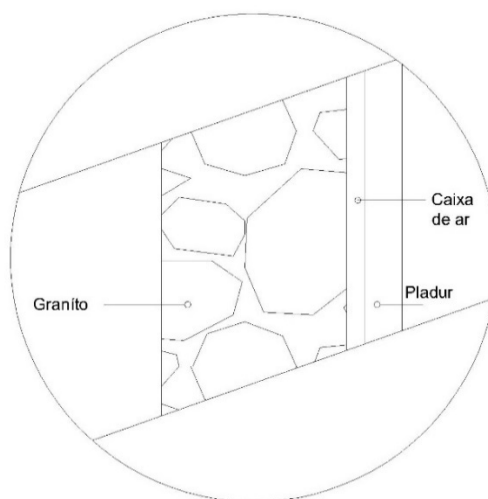


Figura 52 - Pormenor de alvenaria exterior

Planta da divisão em estudo

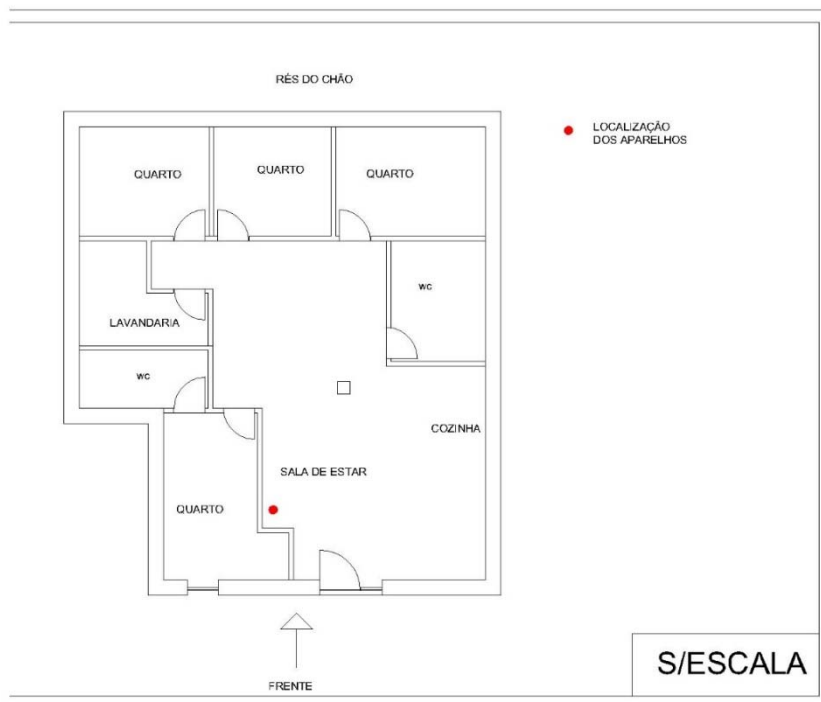


Figura 53 - Planta de Cave

Registo Fotográfico



Figura 54 - Moradia em Estudo



Figura 55 - Alçado atual de entrada



Figura 56 - Sala de Estar



Figura 57 - Cozinha

Tabela 10 - Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	19 de outubro	20 de outubro	21 de outubro	22 de outubro	23 de outubro	24 de outubro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----					
10:00	-----					
11:00	-----	x	x	x	x	x
12:00	-----	x	x	x	x	x
13:00	-----	x	x	x	x	x
14:00	-----	x	x	x	x	x
15:00	-----	x	x	x	x	x
16:00	-----	x	x	x	x	x
17:00	-----	x	x	x	x	x
18:00	-----					
19:00	-----					
20:00	-----					
21:00	-----					
22:00						
23:00						
00:00						

x - Abertura da janela do quarto e da cozinha

Caracterização do edifício

A habitação de tipologia T4, quatro quartos, um deles suite, uma casa de banho, dispensa/arrumos, sala de estar integrada na cozinha, reabilitada no presente ano (2016).

Esta habitação consiste numa remodelação da cave de uma moradia existente com um piso. Esta cave por si só com paredes exteriores em pedra granítica, revestidos pelo

interior com pladur. No alçado principal e lateral direito é possível visualizar a presença granítica na alvenaria, sendo que o alçado posterior é enterrado (ver figura 3).

As paredes interiores são em tijolo rebocadas e pintadas. Apresentam alguns vãos exteriores, e ainda alguns pontos de ventilação tal como nas fotografias abaixo representam. O piso é revestido a mosaicos cerâmicos.

Ocupação da habitação

A habitação presencia um jovem casal com duas filhas entre os 2 e os 6 anos de idade, que aquando as medições usufruíam da sua comodidade.

Objetivos

Sendo a cave de uma moradia habitada também no seu piso, torna a concentração de radão mais presente, uma vez que, além de assente em solo granítico, também possui alvenarias exteriores no mesmo material.

Pormenor de parede exterior

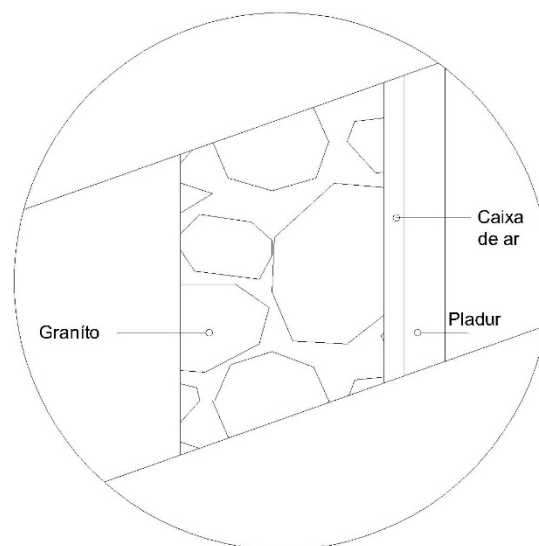


Figura 58 - Pormenor de alvenaria exterior

Planta da divisão em estudo

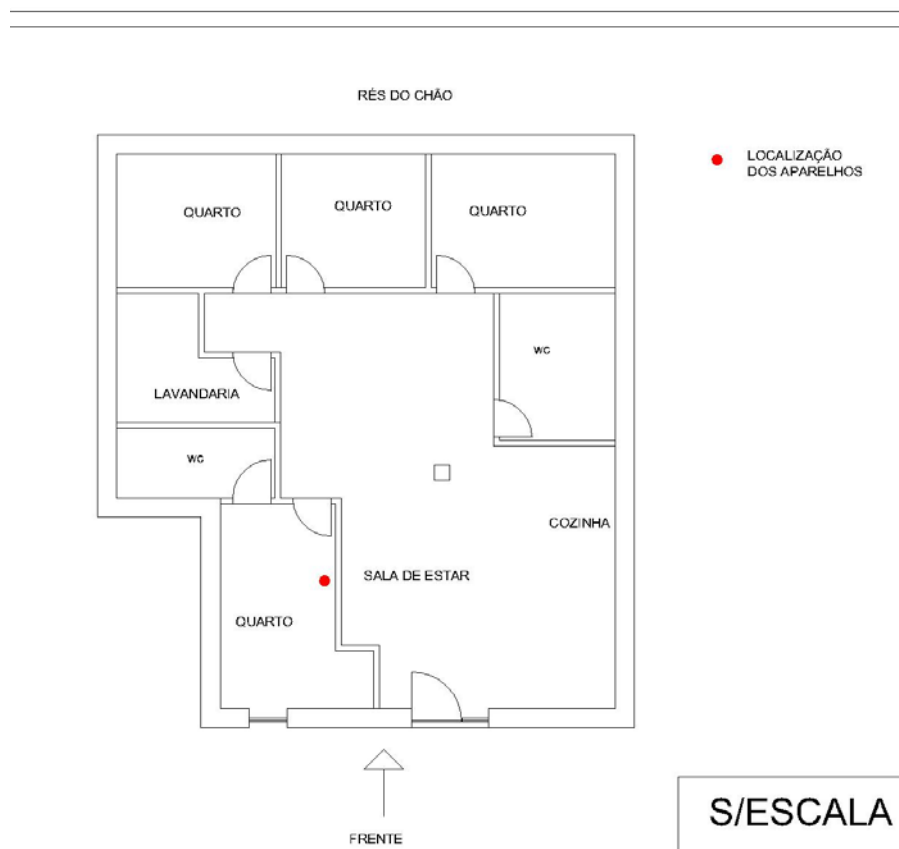


Figura 59 - Planta da Cave

Registo Fotográfico



Figura 60 - Habitação em estudo



Figura 61 - Alçado atual de entrada

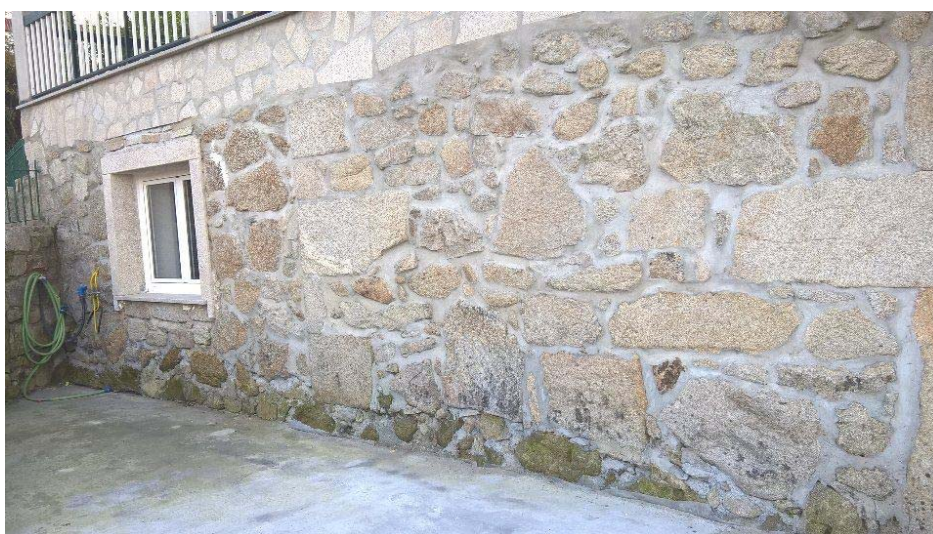


Figura 62 - Alçado atual



Figura 63 - Quarto principal

Amostra: G Código: G1

Data de início das medições: 26 de outubro de 2016

Hora de Início: 21:34h

Data de fecho das medições: 31 de outubro de 2016

Hora de fecho: 23 : 34 h

Fração instrumentada: Cozinha

Coordenadas GPS: 41°35'11.0"N 8°42'59.2"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? 2 Não
- Portas: Sim x Quantas? 2 Exterior Interior x Não
- Tipo de caixilharia
 - Caixilharia em madeira com vidro duplo
 - Portas em madeira e vidro
- Chaminé: Sim x Não Obs: Exaustor
- Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
- Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
- Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
- Outro tipo de ventilação. Qual?

A seguinte tabela regista a ventilação efetuada na moradia instrumentada, sendo que em baixo da mesma encontra-se os vãos que foram abertos.

Tabela 11 - Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	26 de outubro	27 de outubro	28 de outubro	29 de outubro	30 de outubro	31 de outubro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----		x			
10:00	-----	x	x			
11:00	-----	x				x
12:00	-----	x	x		x	x
13:00	-----	x	x	x	x	x
14:00	-----	x	x	x		x
15:00	-----	x	x	x		x
16:00	-----	x	x	x		x
17:00	-----	x	x	x		x
18:00	-----	x	x	x		x
19:00	-----	x		x		
20:00	-----	x		x		
21:00	-----					
22:00						
23:00						
00:00						

dia 27 -cozinha (frente) e 3 quartos

dia 28 - 3 quartos

dia 29 - cozinha e 3 quartos

dia 30 - cozinha e 3 quartos

dia 31 - 3 quartos

Caracterização do edifício

A moradia instrumentada é de tipologia T3 com 3 quartos, uma casa de banho, uma cozinha e sala de estar/jantar. Tem ainda 2 pisos (r/chão + 1), sendo que o rés-do-chão é

destinado a garagem, arrumos e lavandaria, as frações instrumentadas encontram-se no primeiro piso.

A presente medição é referente a uma moradia que concluiu a sua reabilitação em 2004. Como se pode verificar na imagem 3, o edifício existente é o que está à esquerda, sendo evidente a ampliação, toda ela, de igual modo em alvenaria granítica, esta alvenaria apenas se encontra exposta pelo exterior, sendo que o interior é rebocado e com acabamento em pintura.

Esta medição encontra-se a meio da habitação, já na parte da ampliação, sendo interferida por correntes de ar entre as divisões e mesmo entre os vãos existentes na mesma. O aparelho foi colocado a meio da divisão, em cima da mesa de almoço, sendo o local mais afastado de ventilações.

Esta divisão foi selecionada devido à sua frequente utilização por parte dos proprietários.

Diariamente o exaustor é ligado à hora de jantar e por vezes é ainda aberta a janela ao seu lado (como se pode verificar na imagem 5).

Ocupação da habitação

A habitação é propriedade de um casal com um filho que habitam a moradia. Sendo que apenas se ausentam em período normal de trabalho.

Objetivos

O principal objetivo é medir as concentrações de radão no edifício, uma vez que este é todo ele envolvido por granito.

Pormenor de parede exterior

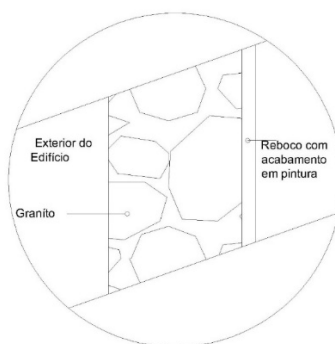


Figura 64 - Pormenor de alvenaria exterior

Planta da divisão em estudo

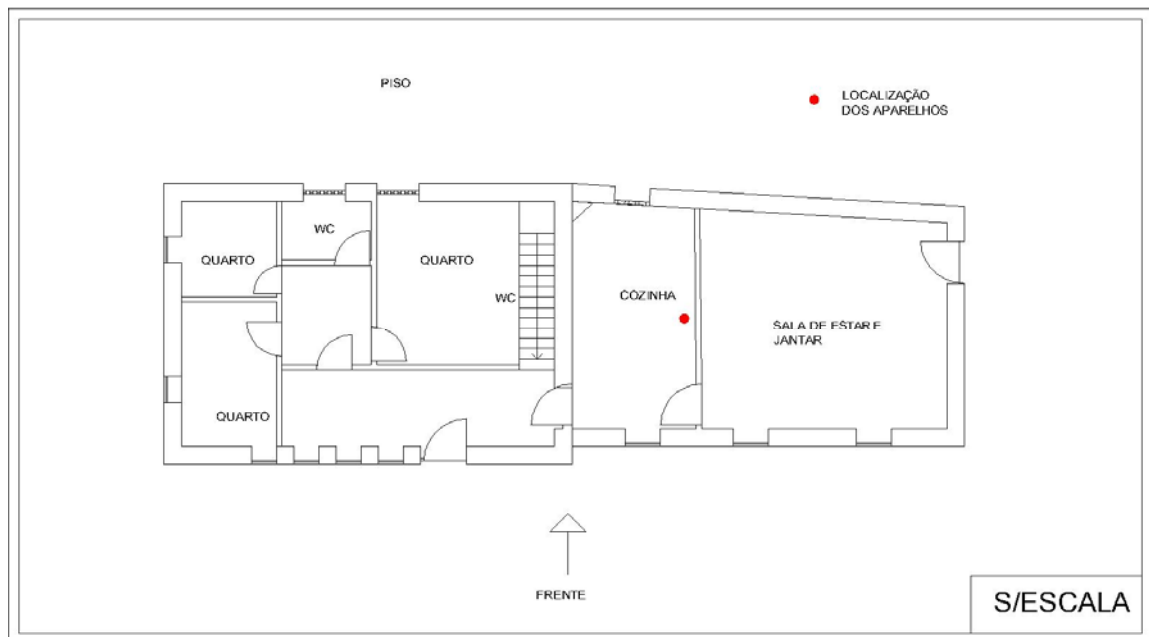


Figura 65 - Planta de Piso

Registo Fotográfico



Figura 66 - Moradia em Estudo

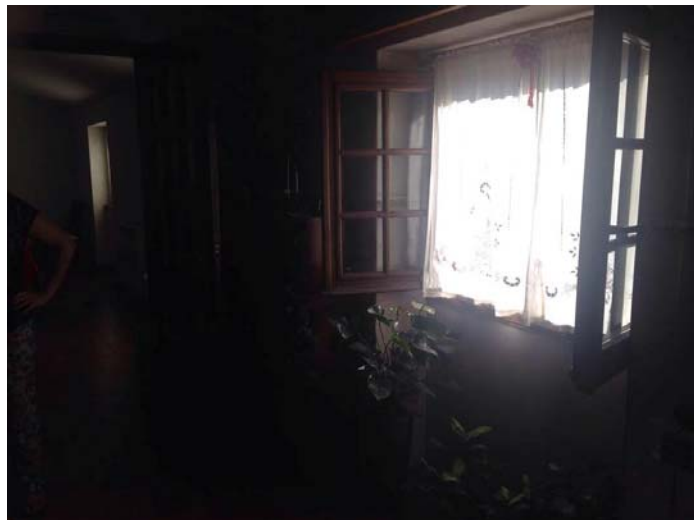


Figura 67 – Vão da cozinha (Alçado principal)



Figura 68 – Chaminé com exaustor e vão da cozinha (Alçado posterior)



Figura 69 – Colocação do aparelho de medição

ANEXO16.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada G2

Amostra: G Código: G2

Data de início das medições: 26 de outubro de 2016

Hora de Início: 21:32h

Data de fecho das medições: 31 de outubro de 2016

Hora de fecho: 23: 32 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41°35'11.0"N 8°42'59.2"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? 2 Não
 - Portas: Sim x Quantas? 1 Exterior Interior x Não
 - Tipo de caixilharia
 - Caixilharia em madeira com vidro duplo
 - Portas em madeira
 - Chaminé: Sim Não x Obs:
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

A seguinte tabela regista a ventilação efetuada na moradia instrumentada, sendo que em baixo da mesma encontra-se os vãos que foram abertos.

Tabela 12- Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	26 de outubro	27 de outubro	28 de outubro	29 de outubro	30 de outubro	31 de outubro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----		x			
10:00	-----	x	x			
11:00	-----	x				x
12:00	-----	x	x		x	x
13:00	-----	x	x	x	x	x
14:00	-----	x	x	x		x
15:00	-----	x	x	x		x
16:00	-----	x	x	x		x
17:00	-----	x	x	x		x
18:00	-----	x	x	x		x
19:00	-----	x		x		
20:00	-----	x		x		
21:00	-----					
22:00						
23:00						
00:00						

dia 27 -cozinha (frente) e 3 quartos

dia 28 - 3 quartos

dia 29 - cozinha e 3 quartos

dia 30 - cozinha e 3 quartos

dia 31 - 3 quartos

Caracterização do edifício

A moradia instrumentada é de tipologia T3 com 3 quartos, uma casa de banho, uma cozinha e sala de estar/jantar. Tem ainda 2 pisos (r/chão + 1), sendo que o rés-do-chão é

destinado a garagem, arrumos e lavandaria, as frações instrumentadas encontram-se no primeiro piso.

A presente medição é referente a uma moradia que concluiu a sua reabilitação em 2004. Como se pode verificar na imagem 3, o edifício existente é o que está à esquerda, sendo evidente a ampliação, toda ela, de igual modo em alvenaria granítica, esta alvenaria apenas se encontra exposta pelo exterior, sendo que o interior é rebocado e com acabamento em pintura.

A medição situa-se no quarto que faz parte do edifício reabilitado, onde se pode encontrar uma janela que faz parte do alçado da frente.

O aparelho foi situado na cómoda do quarto, uma vez que o quarto é pequeno e este ser o local mais indicado de medição.

Ocupação da habitação

A habitação é propriedade de um casal com um filho que habitam a moradia. Sendo que apenas se ausentam em período normal de trabalho.

Objetivos

O principal objetivo é medir as concentrações de radão no edifício, uma vez que este é todo ele envolvido por granito. Sendo de importante relevância avaliar a QAI nesta divisão, por se tratar de grande uso.

Pormenor de parede exterior

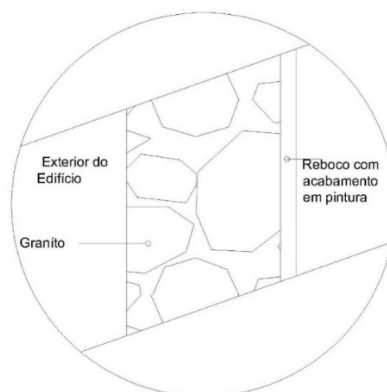


Figura 70 - Pormenor de alvenaria exterior

Planta da divisão em estudo

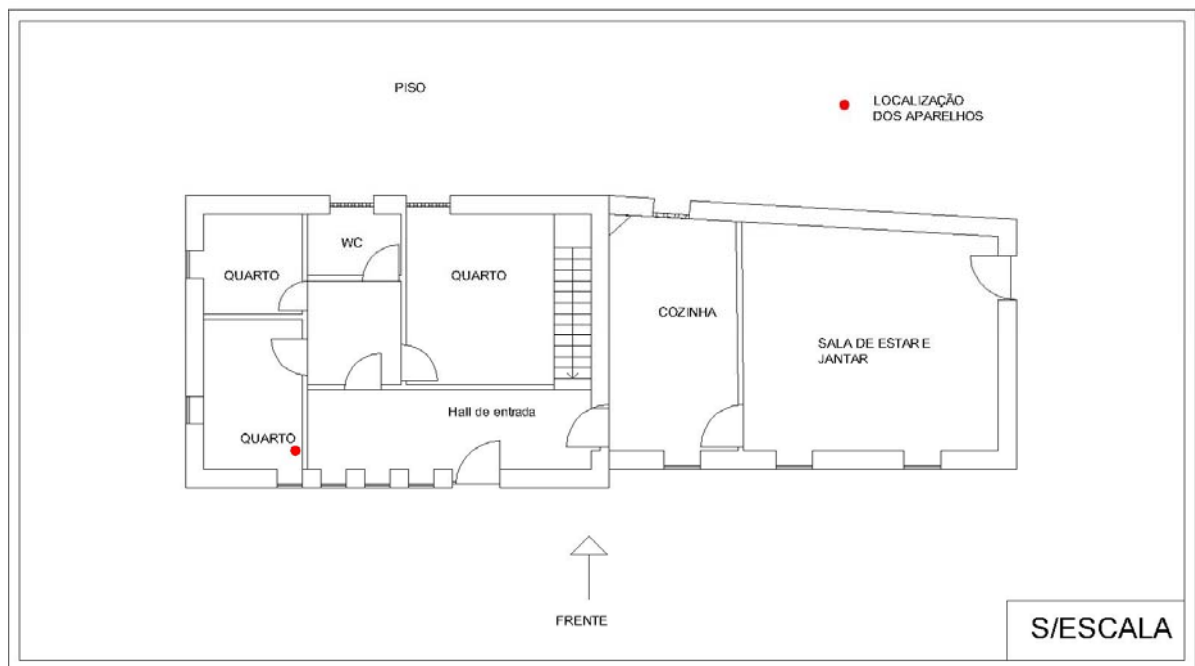


Figura 71 - Planta de Piso

Registo Fotográfico



Figura 72 - Moradia em Estudo

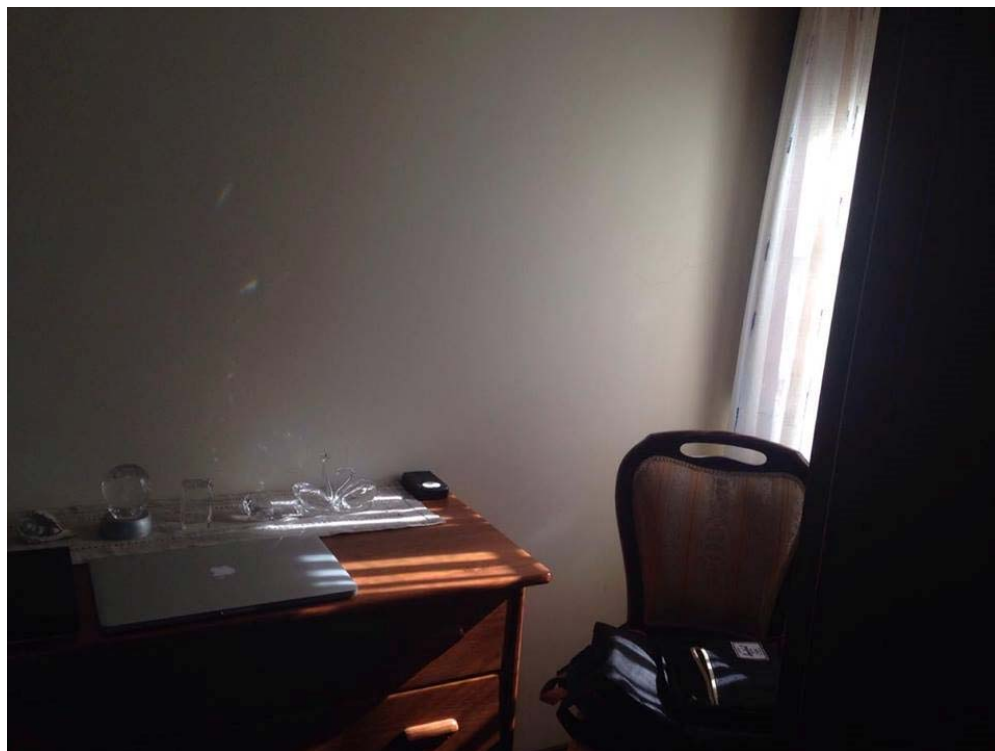


Figura 73 - Colocação do aparelho no quarto



Figura 74 - Quarto em estudo

ANEXO17.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada H1

Amostra: H Código: H1

Data de início das medições: 1 de novembro de 2016

Hora de Início: 20:42 h

Data de fecho das medições: 6 de novembro de 2016

Hora de fecho: 23: 42 h

Fração instrumentada: Sala de estar / cozinha

Coordenadas GPS: 41°35'18.9"N 8°43'33.3"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim___ Quantas? ___ Não_x__
- Portas: Sim_x_ Quantas? 1 Exterior_x Interior___ Não___
 - Porta exterior em madeira com vidro simples
- Chaminé: Sim_x_ Não___ Obs: Exaustor
- Fogão de Sala: Sim_x__ Não_x__ Obs:
- Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente___ Não Existente_x_
- Extrator (ex. wc's): Existente___ Não Existente_x_
- Outro tipo de ventilação. Qual?

O registo de ventilação tal como a tabela em baixo representa, só foi significativo nas horas de manutenção da moradia, uma vez que entrada e saída não apresentam relevância na concentração e gás radão. O exaustor apenas entra em funcionamento no período das 20:00h 20:30h. É importante registar que a chaminé do fogão de sala encontra-se desobstruída, fazendo ventilação natural o tempo todo.

Tabela 13- Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	1 de novembro	2 de novembro	3 de novembro	4 de novembro	5 de novembro	6 de novembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----				x	
10:00	-----				x	
11:00	-----				x	
12:00	-----				x	
13:00	-----					
14:00	-----					
15:00	-----					
16:00	-----					
17:00	-----					
18:00	-----					
19:00	-----					
20:00	-----					
21:00						
22:00						
23:00						
00:00						

dia 4 - janela do quarto e porta da cozinha

Caracterização do edifício

O edifício foi reabilitado em 2013, sendo anteriormente todo ele em alvenaria granítica à vista (interior e exteriormente). Após a reabilitação apenas a face exterior manteve granito à vista, sendo o interior rebocado e pintado.

A moradia de tipologia T2, com divisões pequenas, mas aproveitadas ao máximo dadas as dimensões da casa, tem uma casa de banho, uma sala de estar/cozinha e ainda um edifício anexo para lavandaria, este último é todo ele em tijolo.

As divisões interiores da habitação são em pladur, maximizando o espaço.

Esta fração foi selecionada por se tratar do espaço mais frequentado pela família, o local mais indicado para colocação do aparelho foi na prateleira junto à lareira, por ser o espaço mais adequado á utilização dos ocupantes (figura 5).

Ocupação da habitação

Aquando a instrumentação a moradia encontrava-se ocupada por uma senhora e pela sua filha recém-nascida. Que usufruem da habitação após período de trabalho.

Objetivos

Com esta medição pretende-se avaliar a concentração de radão, na área mais ventilada da habitação (por parte da chaminé do fogão de sala).

Pormenor construtivo de alvenaria exterior

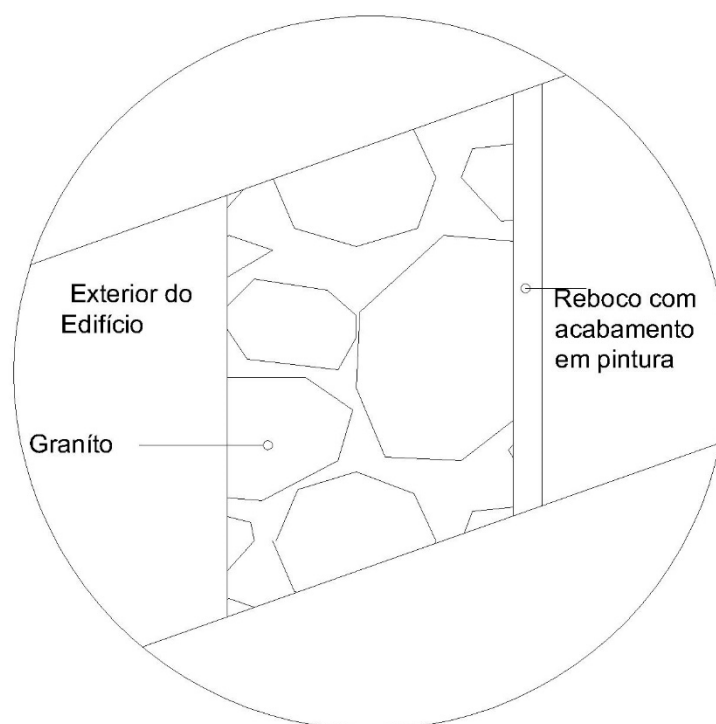


Figura 75 - Pormenor de alvenaria exterior

Planta da divisão em estudo

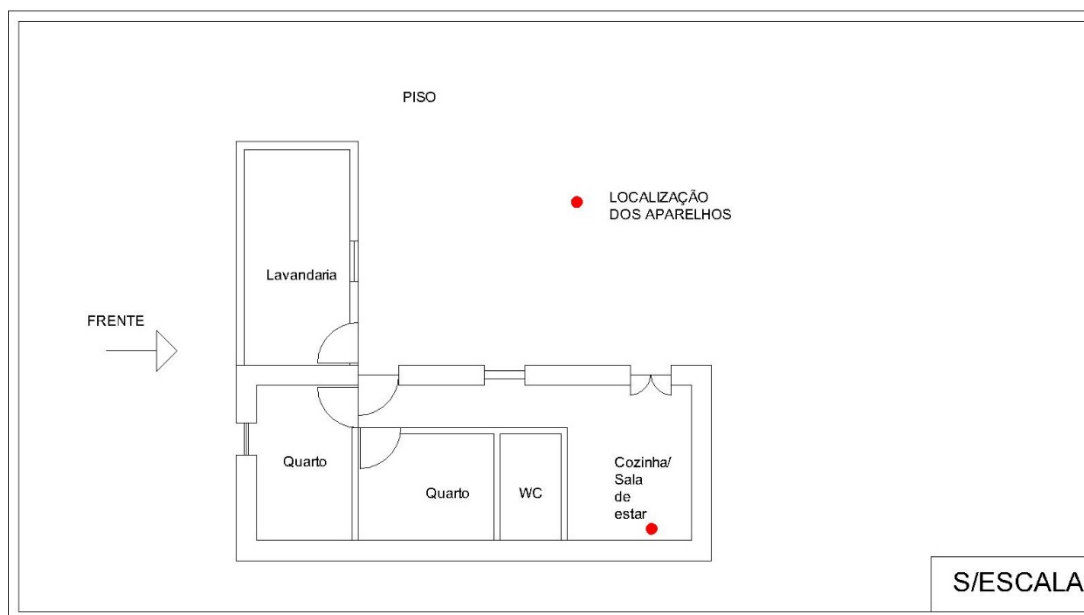


Figura 76 - Planta da fração instrumentada

Registo Fotográfico



Figura 77 - Alçado principal da moradia em estudo

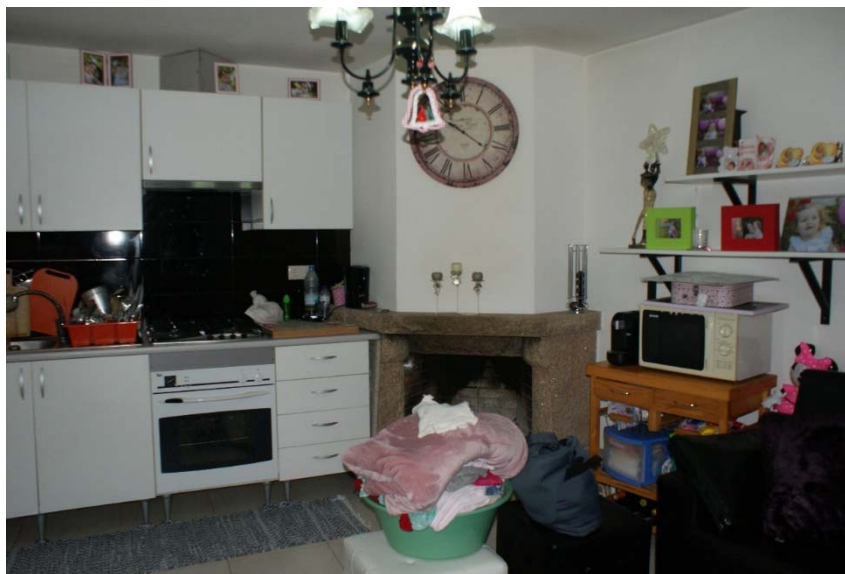


Figura 78- Fração instrumentada



Figura 79 - Pormenor da chaminé (Colocação do aparelho na prateleira lado direito)

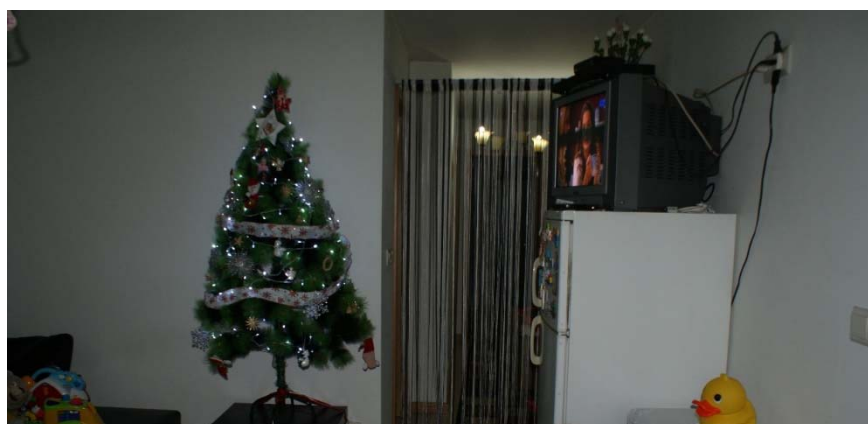


Figura 80 - Fração instrumentada

ANEXO18.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada H2

Amostra: H Código: H2

Data de início das medições: 1 de novembro de 2016

Hora de Início: 20:50 h

Data de fecho das medições: 6 de novembro de 2016

Hora de fecho: 23: 50 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41°35'18.9"N 8°43'33.3"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim___ Quantas? ___ Não_x__
- Portas: Sim_x_ Quantas? 1 Exterior__ Interior_x_ Não___
 - Porta interior em madeira
- Chaminé: Sim ___ Não_x_ Obs:
- Fogão de Sala: Sim___ Não_x_ Obs:
- Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente__ Não Existente_x_
- Extrator (ex. wc's): Existente__ Não Existente_x_
- Outro tipo de ventilação. Qual?

O registo de ventilação tal como a tabela em baixo representa, só foi significativo nas horas de manutenção da moradia, uma vez que entrada e saída não apresentam relevância na concentração e gás radão. Uma vez que a fração ocupada e instrumentada não contempla vãos envidraçados, a mesma é afetada pelo restante arejamento da moradia.

Tabela 14- Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	1 de novembro	2 de novembro	3 de novembro	4 de novembro	5 de novembro	6 de novembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----					
08:00	-----					
09:00	-----				x	
10:00	-----				x	
11:00	-----				x	
12:00	-----				x	
13:00	-----					
14:00	-----					
15:00	-----					
16:00	-----					
17:00	-----					
18:00	-----					
19:00	-----					
20:00	-----					
21:00						
22:00						
23:00						
00:00						

dia 4 - janela do quarto e porta da cozinha

Caracterização do edifício

O edifício foi reabilitado em 2013, sendo anteriormente todo ele em alvenaria granítica à vista (interior e exteriormente). Após a reabilitação apenas a face exterior manteve granito à vista, sendo o interior rebocado e pintado.

A moradia de tipologia T2, com divisões pequenas, mas aproveitadas ao máximo dadas as dimensões da casa, tem uma casa de banho, uma sala de estar/cozinha e ainda um edifício anexo para lavandaria, este último é todo ele em tijolo.

As divisões interiores da habitação são em pladur, maximizando o espaço.

Ocupação da habitação

Aquando a instrumentação a moradia encontrava-se ocupada por uma senhora e pela sua filha recém-nascida. Que usufruem da habitação após período de trabalho.

Objetivos

Com esta medição pretende-se avaliar as concentrações de radão no quarto habitado, sendo este unicamente arejado pela porta de acesso ao corredor, não tendo vãos exteriores. A parede que de envolvente exterior é rebocada e pintada pelo interior, pelo que se pretende avaliar as suas infiltrações.

Pormenor construtivo de alvenaria exterior



Figura 81 - Pormenor de alvenaria exterior

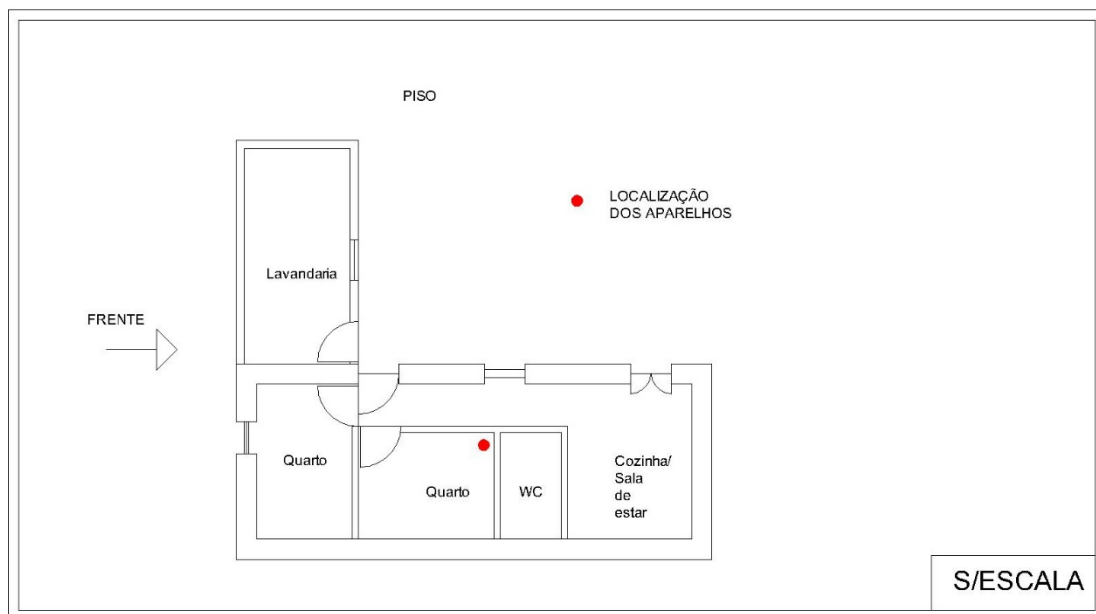
Planta da divisão em estudo

Figura 82 - Planta da fração instrumentada

Registo Fotográfico

Figura 83 - Alçado principal da moradia em estudo



Figura 84- Fração instrumentada

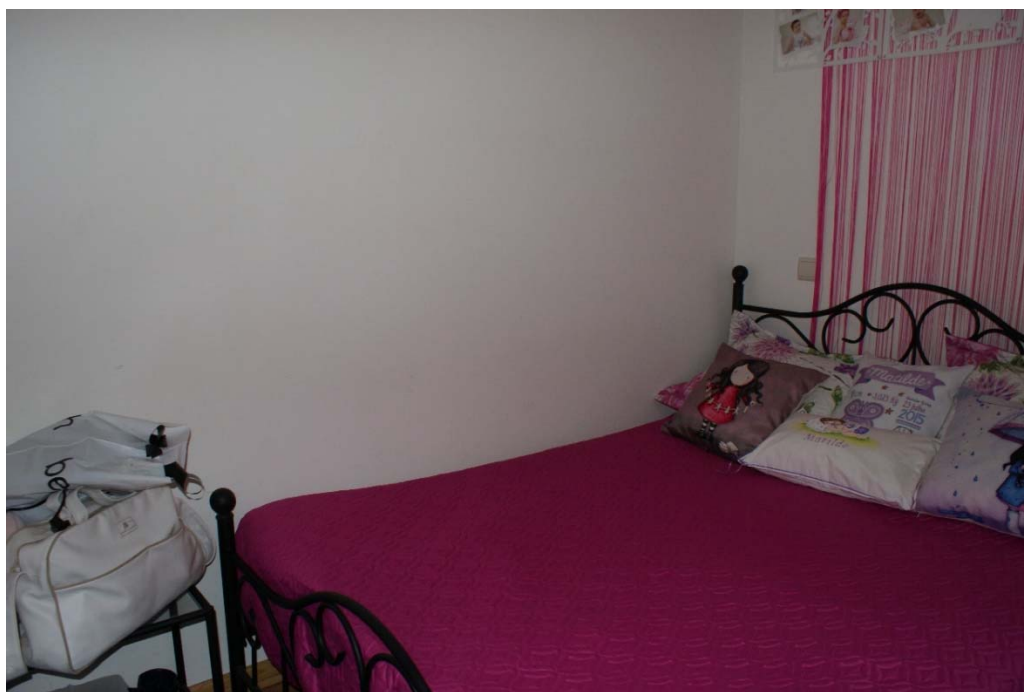


Figura 85 - Pormenor da mesa de colocação do aparelho de medição (Esquerda)

ANEXO19.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada I1

Amostra: I Código: I1

Data de início das medições: 15 de novembro de 2016

Hora de Início: 08: 45 h

Data de fecho das medições: 20 de novembro de 2016

Hora de fecho: 08: 45 h

Fração instrumentada: Cozinha

Coordenadas GPS: 41°35'15.0"N 8°43'18.9"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? 1 Não __
 - Portas: Sim x Quantas? 2 Exterior __ Interior x Não __
 - Janela em chapa galvanizada e vidro simples
 - Porta em madeira com vidro simples de separação com a garagem
 - Chaminé: Sim x Não __ Obs: Lareira
 - Fogão de Sala: Sim __ Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente __ Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente __ Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

A ventilação da cozinha é essencialmente efetuada pela chaminé desobstruída, e pelo portão de acesso à garagem, uma vez que se encontra próximo. A tabela abaixo, representa a ventilação da moradia em estudo.

Tabela 15- Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	15 de novembro	16 de novembro	17 de novembro	18 de novembro	19 de novembro	20 de novembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----				<u>x</u>	
08:00	-----				<u>x</u>	
09:00		x			x	
10:00	x	x		x	x	
11:00	x	x	x	x	x	
12:00	x	x	x	x	x	
13:00	x	x	x	x	x	
14:00	x*	x*	x	x		
15:00	x	x	x	x		
16:00			x			
17:00						
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
00:00						

x - Abertura do portão de entrada para garagem

x* - Abertura do portão de entrada para garagem e janela de quarto instrumentado

x - Abertura de janela do quarto instrumentado

Caracterização do edifício

A presente moradia instrumentada foi reabilitada na década de 90, sendo aproveitada a alvenaria ao nível do rés-do-chão em granito, e ampliada em altura, assim o primeiro piso é em alvenaria com tijolo duplo e caixa de ar.

A habitação é de tipologia T3 com 2 pisos (r/c +1), com casa de banho, sala de jantar, lavandaria, cozinha e garagem com adegas.

A fração avaliada, cozinha, situa-se no rés-do-chão onde parte da alvenaria é em granito e outra parte em bloco de cimento (também esta foi ampliada). Esta fração é ainda impermeabilizada pelo seu lado exterior, uma vez que encosta a muros vizinhos.

É ainda importante referir que a ventilação registada trata-se da abertura do portão de acesso á garagem, além da própria chaminé.

Ocupação da habitação

A moradia é ocupada por um casal na casa dos sessenta anos e a filha de 23 anos. Estando a casal diariamente em casa, verifica-se maior registo de ventilação da fração.

Objetivos

Pretende-se avaliar os efeitos da construção em alvenaria granítica no rés-do-chão através das interações da cozinha/garagem, sendo esta ultima divisão rodeada com alvenaria granítica exterior e interiormente [interior encontra-se chapiscado com argamassa (figura 1)].

Pormenor construtivo de alvenarias

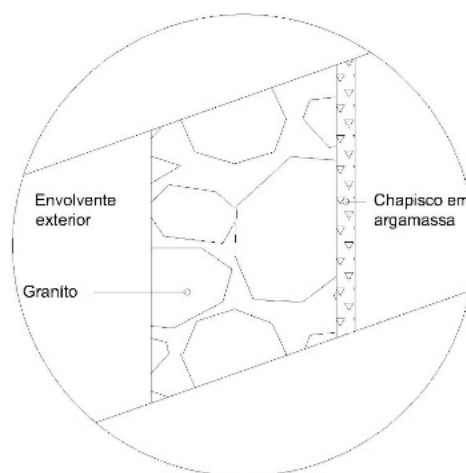


Figura 86 - Alvenaria exterior da adega e garagem

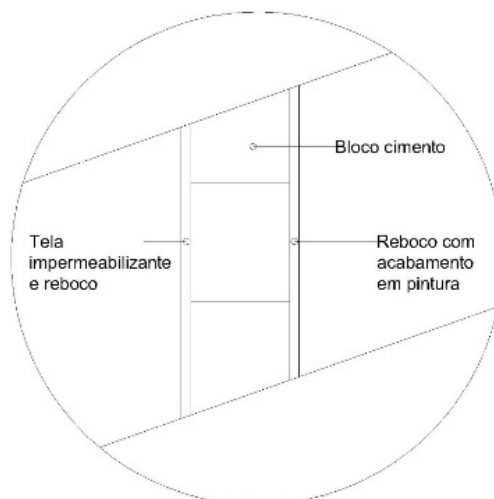


Figura 87 - Pormenor de alvenaria da cozinha

Planta da divisão em estudo

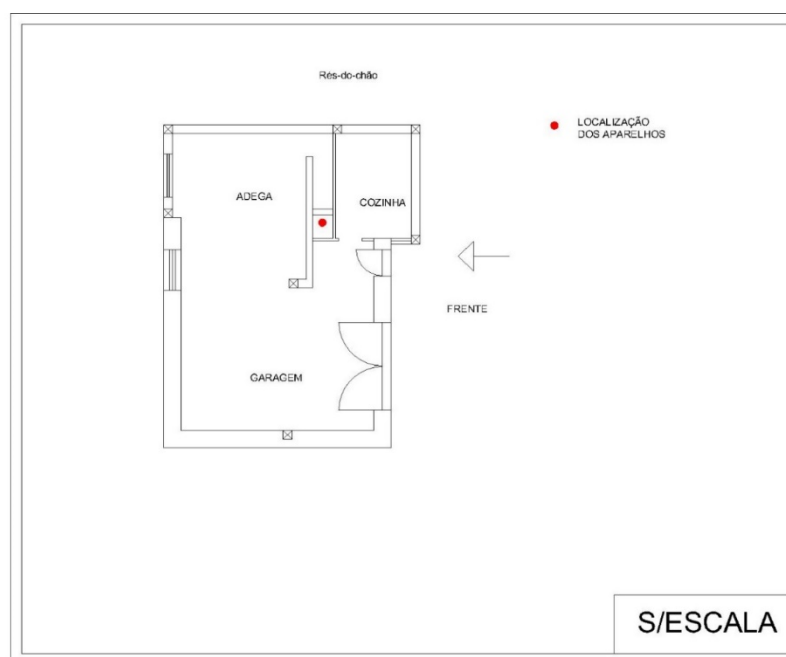


Figura 88 - Planta da fração instrumentada

Registo Fotográfico



Figura 89- Habitação em estudo



Figura 90- Alçado Principal da moradia



Figura 91 - Fração em estudo



Figura 92- Fração em estudo, vão exterior



Figura 93 - Pormenor de chaminé da fração em estudo

Amostra: I Código: I2

Data de início das medições: 15 de novembro de 2016

Hora de Início: 08: 45 h

Data de fecho das medições: 20 de novembro de 2016

Hora de fecho: 08: 45 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41°35'15.0"N 8°43'18.9"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? 1 Não
 - Portas: Sim x Quantas? Exterior Interior x Não
 - Janela em madeira com vidro simples
 - Porta interior em madeira
 - Chaminé: Sim Não x Obs: Lareira
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

A fração instrumentada tal como registos na tabela abaixo o indicam, foi aberta a janela no período de 2 horas.

Tabela 16- Registo de ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	15 de novembro	16 de novembro	17 de novembro	18 de novembro	19 de novembro	20 de novembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----				<u>x</u>	
08:00	-----				<u>x</u>	
09:00		x			x	
10:00	x	x		x	x	
11:00	x	x	x	x	x	
12:00	x	x	x	x	x	
13:00	x	x	x	x	x	
14:00	x*	x*	x	x		
15:00	x	x	x	x		
16:00			x			
17:00						
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
00:00						

x - Abertura do portão de entrada para garagem

x* - Abertura do portão de entrada para garagem e janela de quarto instrumentado

x - Abertura de janela do quarto instrumentado

Caracterização do edifício

A presente moradia instrumentada foi reabilitada na década de 90, sendo aproveitada a alvenaria ao nível do rés-do-chão em granito, e ampliada em altura, assim o primeiro piso é em alvenaria com tijolo duplo e caixa de ar.

A habitação é de tipologia T3 com 2 pisos (r/c +1), com casa de banho, sala de jantar, lavandaria, cozinha e garagem com adega.

A aparelho foi colocado no quarto em cima da cómoda, de forma a registar as concentrações de radão.

No alçado principal é ainda visível a colocação de pedaços de granito polidos pelo exterior, tal como as imagens 3 e 4 o mostram.

Ocupação da habitação

A moradia é ocupada por um casal na casa dos sessenta anos e a filha de 23 anos. Estando a casal diariamente em casa, verifica-se maior registo de ventilação da fração.

Objetivos

Pretende-se avaliar os efeitos do rés-do-chão no primeiro piso através de medição e registo da propagação do radão na habitação.

Pormenor construtivo de alvenaria exterior

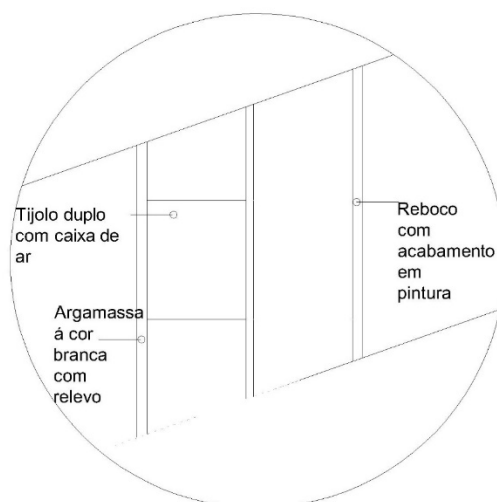


Figura 94 - Pormenor de alvenaria exterior

Planta da divisão em estudo

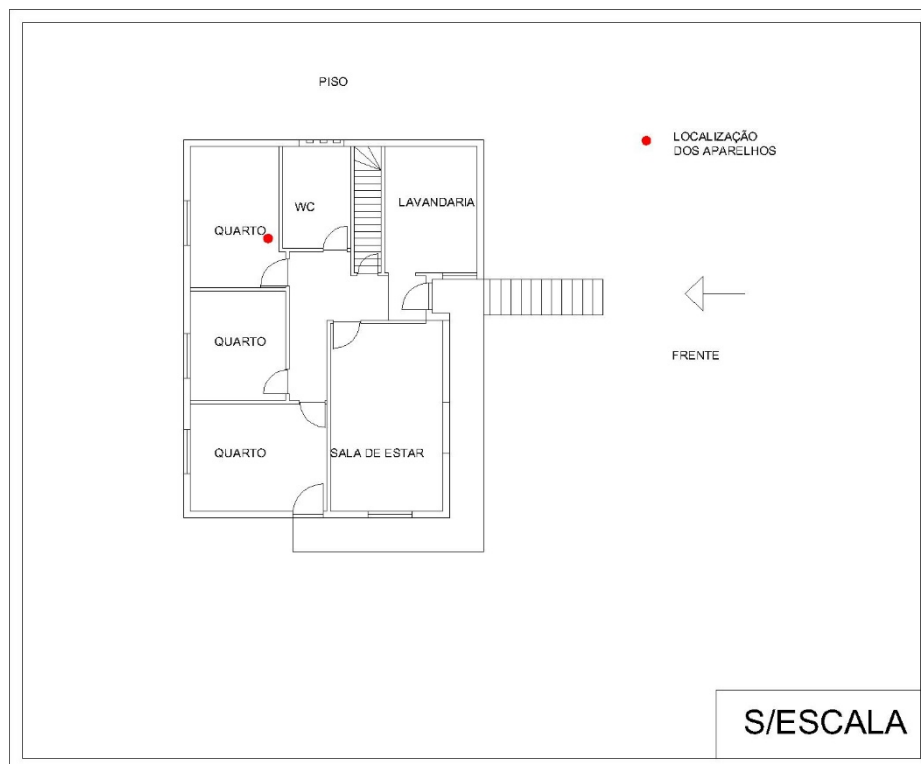


Figura 95 - Planta da fração instrumentada

Registo Fotográfico



Figura 96- Habitação em estudo



Figura 97- Alçado principal da fração instrumentada



Figura 98 - Fração em estudo, vão exterior



Figura 99- Fração em estudo, colocação do aparelho em cima da cómoda

ANEXO21.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada J1

Amostra: I Código: I1

Data de início das medições: 21 de novembro de 2016

Hora de Início: 21:58 h

Data de fecho das medições: 26 de novembro de 2016

Hora de fecho: 22: 58 h

Fração instrumentada: Cozinha

Coordenadas GPS: 41°36'51.5"N 8°42'43.5"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? 4 Não
 - Portas: Sim x Quantas? 2 Exterior x Interior x Não
 - Caixilharia em alumínio lacado à cor madeira com vidro duplo
 - Chaminé: Sim x Não Obs: Exaustor
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

O registo de ventilação sob a forma de tabela abaixo representado, apresenta a ventilação da fração instrumentada aquando as medições. Esta abertura da janela da cozinha (figura 6) deve-se a manutenções por parte dos proprietários que residem perto da moradia.

Tabela 17- Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	21 de novembro	22 de novembro	23 de novembro	24 de novembro	25 de novembro	26 de novembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----				-	
08:00	-----				x	
09:00	-----				x	
10:00	-----				x	
11:00	-----				x	
12:00	-----				x	
13:00	-----		x		x	
14:00	-----		x		x	
15:00	-----		x		x	
16:00	-----		x		x	
17:00	-----				x	
18:00	-----				x	x
19:00	-----				x	x
20:00	-----				x	x
21:00	-----				x	x
22:00					x	x
23:00						x
00:00						x

x - Abertura de janela da cozinha e do quarto

Caracterização do edifício

A moradia instrumentada foi reabilitada e concluída no ano de 2016, é de tipologia T5 e tem 3 pisos (r/c+2). A reabilitação foi essencialmente manter a alvenaria exterior em pedra granítica. Pelo exterior a pedra ficou toda ela à vista, quanto ao interior a maior parte foi rebocada e pintada.

Esta medição tem relevância na medida em que esta cozinha é a que se pretende utilizar aquando a utilização da moradia, esta encontra-se envolta de parede de granito na alvenaria que a separa do exterior, rebocada e pintada pelo interior e uma parede de separação com o resto das divisões em pedra granítica de face à vista, tal como se pode verificar na fotografia 6.

O aparelho foi assim colocado em cima da mesa da fração, encontrando aí o centro do espaço amplo e procurando ser o mais aproximado da realidade (sem interferências de ventilação ou próximo de exposição solar e de equipamentos).

Ocupação da habitação

Aquando as medições, a moradia não se encontrava habitada, uma vez que ainda não se encontra totalmente mobilada (falta quartos).

Objetivos

O facto de ser uma moradia reabilitada com granito á vista pelo exterior, torna relevante a concentração do radão no seu interior. Desta forma procura-se avaliar a QAI, para possível ocupação da habitação.

Pormenor construtivo de alvenarias



Figura 100 - Pormenor de alvenaria da cozinha

Planta da divisão em estudo



Figura 101 - Planta da fração instrumentada

Registo Fotográfico



Figura 102 – Alçado principal da moradia instrumentada



Figura 103- Alçado lateral esquerdo



Figura 104 - Pormenor de Entrada para cozinha



Figura 105 - Pormenor de parede de granito



Figura 106 - Fração instrumentada



Figura 107 - Pormenor exaustor e vão exterior

ANEXO22.Ficha de caracterização da subamostra instrumentada J2

Amostra: J Código: J2

Data de início das medições: 21 de novembro de 2016

Hora de Início: 21:59 h

Data de fecho das medições: 26 de novembro de 2016

Hora de fecho: 22: 59 h

Fração instrumentada: Quarto

Coordenadas GPS: 41°36'51.5"N 8°42'43.5"W

Descrição do local:

Esquema de Ventilação:

- Janelas Sim x Quantas? 2 Não
 - Portas: Sim x Quantas? 1 Exterior Interior x Não
 - Caixilharia em alumínio lacado à cor madeira com vidro duplo
 - Chaminé: Sim Não x Obs: Exaustor
 - Fogão de Sala: Sim Não x Obs:
 - Grelhas de Admissão de ar na fachada: Existente Não Existente x
 - Extrator (ex. wc's): Existente Não Existente x
 - Outro tipo de ventilação. Qual?
-

O registo de ventilação sob a forma de tabela abaixo representado, apresenta a ventilação da fração instrumentada aquando as medições. Esta abertura da janela do quarto (figura 6) deve-se a manutenções por parte dos proprietários que residem perto da moradia.

Tabela 18- Registo de Ventilação

Registo Diário de Ventilação						
DIA DE MEDIÇÃO	21 de novembro	22 de novembro	23 de novembro	24 de novembro	25 de novembro	26 de novembro
HORAS DO DIA						
01:00	-----					
02:00	-----					
03:00	-----					
04:00	-----					
05:00	-----					
06:00	-----					
07:00	-----				-	
08:00	-----				x	
09:00	-----				x	
10:00	-----				x	
11:00	-----				x	
12:00	-----				x	
13:00	-----		x		x	
14:00	-----		x		x	
15:00	-----		x		x	
16:00	-----		x		x	
17:00	-----				x	
18:00	-----				x	x
19:00	-----				x	x
20:00	-----				x	x
21:00	-----				x	x
22:00					x	x
23:00						x
00:00						x

x - Abertura de janela da cozinha e quarto

Caracterização do edifício

A moradia instrumentada foi reabilitada e concluída no ano de 2016, é de tipologia T5 e tem 3 pisos (r/c+2). A reabilitação foi essencialmente manter a alvenaria exterior em pedra granítica. Pelo exterior a pedra ficou toda ela à vista, quanto ao interior a maior parte foi rebocada e pintada.

Esta fração instrumentada encontra-se no primeiro piso e foi selecionada exatamente por se encontrar menos afetada pela exposição solar, e as interferências que estas possam afetar.

As paredes divisórias são em tijolo rebocadas e pintadas das duas faces, é ainda visível o revestimento de piso em soalho de madeira. Como a figura 6 assim o mostra as ombreiras e soleiras dos vãos envidraçados são em granito à vista.

O aparelho foi assim colocado em cima de uma caixa de papelão para se encontrar a uma altura superior a um metro, uma vez que o quarto não se encontra mobilado.

Ocupação da habitação

Aquando as medições, a moradia não se encontrava habitada, uma vez que ainda não se encontra totalmente mobilada (falta quartos).

Objetivos

Uma vez que se pretende habitar a moradia, pretende-se avaliar a QAI de nas frações mais propícias de concentração do gás radão.

Pormenor construtivo de alvenarias



Figura 108 - Pormenor de alvenaria da cozinha

Planta da divisão em estudo

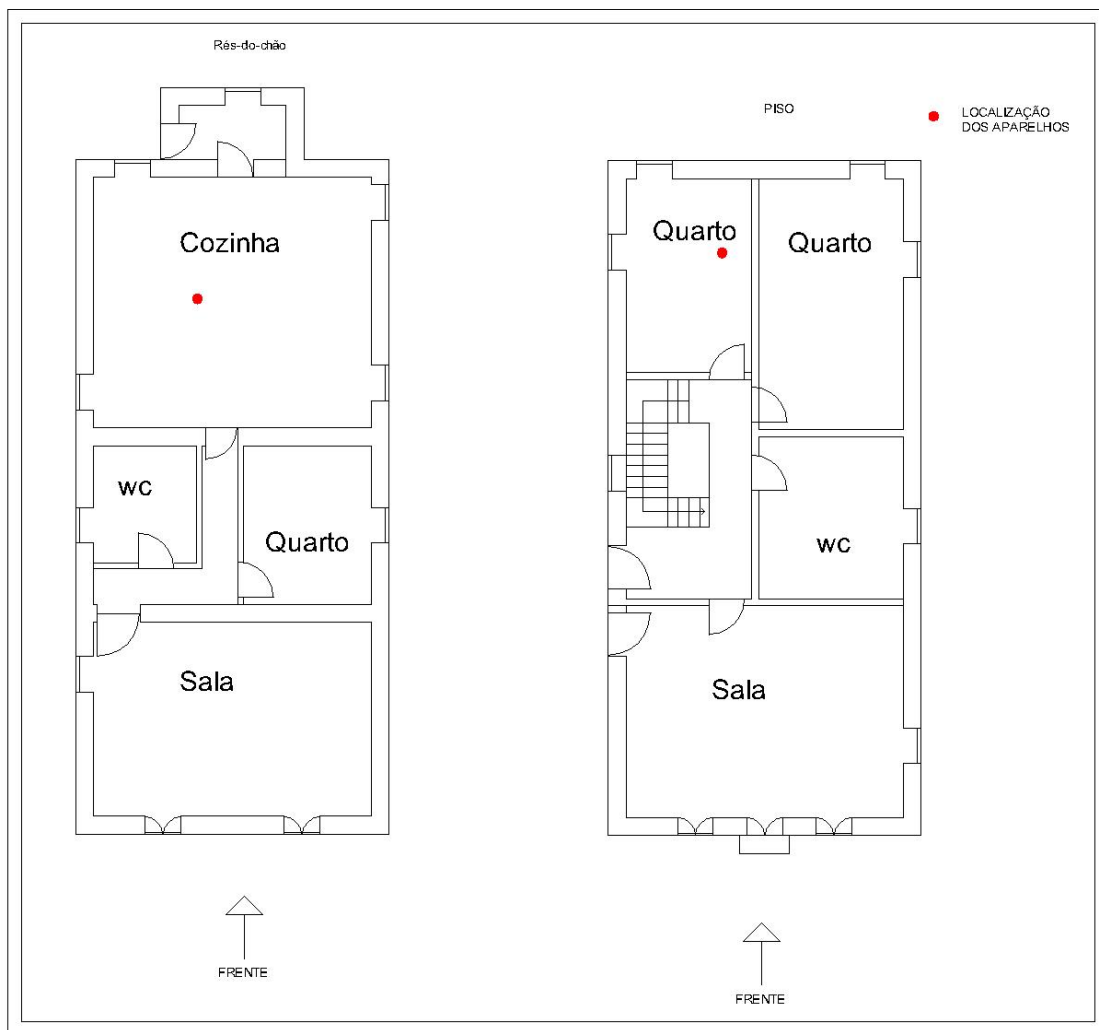


Figura 109 - Planta da fração instrumentada

Registo Fotográfico



Figura 110 – Alçado principal da moradia instrumentada



Figura 111- Alçado lateral esquerdo



Figura 112 - Fração instrumentada



Figura 113 - Fração instrumentada, vãos exteriores